

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-251134

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

H01Q 19/28

G06N 3/00

H01Q 21/20

(21)Application number : 2000-061143

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 06.03.2000

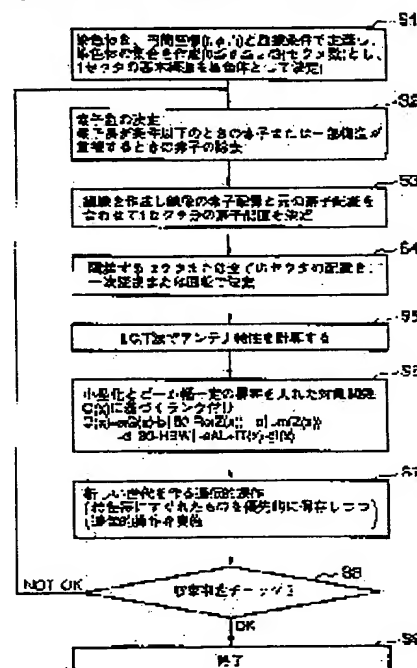
(72)Inventor : MARUYAMA TAMAMI  
HONMA NAOKI  
ANDOU ATSUYA  
HORI TOSHIKAZU

## (54) METHOD FOR OPTIMALLY DESIGNING ANTENNA, RECORDING MEDIUM WITH ANTENNA OPTIMUM DESIGN PROGRAM STORED THEREIN AND ANTENNA DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an antenna optimally designing method which makes the number of elements variable, offers the degree of freedom even to the arrangement of a parasitic element and also can be applied even to optimization for sector antenna miniaturization.

**SOLUTION:** The prescribed number of chromosomes composed of element information including a position and an element length is generated (1), element information in which an element length is equal to or less than prescribed or position information is overlapped is eliminated (2), element information for one sector is constructed on the basis of each of the obtained chromosomes (3), the element information of an antenna is generated on the basis of each piece of the element information for one sector (4), an antenna characteristics is calculated on the basis of the element information of the antenna (5), the element information is evaluated on the basis of an object function to be ranked on a chromosome (6), a genetic operation is performed while preferentially preserving an excellent element information in each characteristics to generate a gene group of a new generation (7), and whether the gene group of a new generation meets a prescribed convergence condition is decided, designing is finished when the condition is met, and the above processes are repeated on the basis of a gene group of a new generation when the condition is not met (8).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

20.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3576065

[Date of registration] 16.07.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st process (S1) which generates only the number which defined beforehand the chromosome which consists of at least one component information which is the antenna optimal-design approach for designing antenna structure using a chromosome, and contains a location and component length, The component length deletes the following [ a predetermined value ] among the component information on the chromosome of this number of \*\*\*\*\* pieces which is alike, respectively and is included. And the 2nd process (S2) which leaves one component information among two or more component information that the positional information overlaps, and deletes others, The 3rd process (S3) which constitutes \*\*\*\*\* and the component information for 1 sector also in each of the chromosome obtained according to this 2nd process, The 4th process which generates the component information on an antenna based on each of the component information for 1 sector obtained according to this 3rd process (S4), By evaluating each of the component information on the 5th process which calculates an antenna property, and (S5) and this antenna based on an object function (O (x)) based on each of the component information on this antenna The 6th process (S6) which ranks it as said number of each chromosome defined beforehand, eye this \*\* — laws — hereditary actuation being performed saving preferentially what was excellent for every property based on the rank attached to the \*\*\*\* chromosome, and with the 7th process (S7) which generates a new generation's gene cluster It judges whether a new generation's gene cluster is filling the predetermined condition of convergence. this — The antenna optimal-design approach characterized by providing the 8th process (S8) which repeats the 7th process from said 1st process based on said new generation's gene cluster if this predetermined condition of convergence is filled, an antenna design is ended and this predetermined condition of convergence is not filled.

[Claim 2] The 1st process (S1) which generates only the number which defined beforehand the chromosome which consists of at least one component information which is the antenna optimal-design approach for designing antenna structure using a chromosome, and contains a location and component length, The component length deletes the following [ a predetermined value ] among the component information on the chromosome of this number of \*\*\*\*\* pieces which is alike, respectively and is included. And the 2nd process (S2) which leaves one component information among two or more component information that the positional information overlaps, and deletes others, The 3rd process (S3) which constitutes \*\*\*\*\* and the component information for 1 sector also in each of the chromosome obtained according to this 2nd process, The 4th process which generates the component information on an antenna based on each of the component information for 1 sector obtained according to this 3rd process (S4), By evaluating each of the component information on the 5th process which calculates an antenna property, and (S5) and this antenna based on an object function (O (x)) based on each of the component information on this antenna The 6th process (S6) which ranks it as said number of each chromosome defined beforehand, eye this \*\* — laws — hereditary actuation being performed saving preferentially what was excellent for every property based on the rank attached to the \*\*\*\* chromosome, and with the 7th process (S7) which generates a new

generation's gene cluster It judges whether a new generation's gene cluster is filling the predetermined condition of convergence. this — The 8th process (S8) which repeats the 7th process from said 1st process based on said new generation's gene cluster if this predetermined condition of convergence is filled, an antenna design is ended and this predetermined condition of convergence is not filled, The record medium to provide and which stored the program for performing the antenna optimal-design approach.

[Claim 3] Antenna optimal design characterized by what the positional information of a component is constituted using cylindrical coordinates (ri, phii) in said 1st process, and the component information on this antenna is generated for in said 4th process in said antenna optimal design according to claim 1 using the mirror image of said component information for 1 sector.

[Claim 4] The record medium which stored the program for enforcing the antenna optimal-design approach which is the record medium which stored the program for enforcing said antenna optimal-design approach according to claim 2, constitutes the positional information of a component using cylindrical coordinates (ri, phii) in said 1st process, and is characterized by what the component information on this antenna is generated for in said 4th process using the mirror image of said component information for 1 sector.

[Claim 5] said antenna optimal-design approach according to claim 1 or 3 — setting — said 7th process — setting — eye this \*\* — laws — \*\*\*\* — a number — the chromosome of the predetermined number individual which sorted out the predetermined number individual and was this sorted out among chromosomes from what has a high rank — the next generation — surely — \*\* — the antenna optimal design characterized by what hereditary actuation is performed for like.

[Claim 6] Are the record medium which stored the program for enforcing said antenna optimal-design approach according to claim 2 or 4, and it sets at said 7th process. eye this \*\* — laws — \*\*\*\* — a number — the chromosome of the predetermined number individual which sorted out the predetermined number individual and was this sorted out among chromosomes from what has a high rank — the next generation — surely — \*\* — the record medium which stored the program for enforcing the antenna optimal-design approach characterized by what hereditary actuation is performed for like.

[Claim 7] In the antenna optimal-design approach according to claim 1 said object function : $O(x) = aG(x) - b|A - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|B - \text{HBW}| - eAL$ , come out and it is (however,  $G(x)$  — the directional gain of this antenna, and  $Z(x)$  — the impedance of this antenna —) As for HBW, AL the half-value width of the radiation directivity within the level surface of this antenna array length The element number after the auxiliary function formed so that a beam crack might not occur is shown and  $l(x)$  deletes the short thing of the lap of a component or component length, and a, b, c, d, e, f and g T(x) A and B are the antenna optimal-design approach which is a multiplier showing the significance of each item and is not restricted to the real number and which is characterized by what a desired impedance value and half-value width are shown for, respectively.

[Claim 8] It is the record medium which stored the program for enforcing said antenna optimal-design approach according to claim 2. Said object function : $O(x) = aG(x) - b|A - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|B - \text{HBW}| - eAL$ , come out and it is (however,  $G(x)$  — the directional gain of this antenna, and  $Z(x)$  — the impedance of this antenna —) As for HBW, AL the half-value width of the radiation directivity within the level surface of this antenna array length The element number after the auxiliary function formed so that a beam crack might not occur is shown and  $l(x)$  deletes the short thing of the lap of a component or component length, and a, b, c, d, e, f and g T(x) A which is a multiplier showing the significance of each item and is not restricted to the real number, and B are characterized by what a desired impedance value and half-value width are shown for, respectively.

[Claim 9] The antenna designed by the antenna optimal-design approach indicated by any one of said the claims 1, 3, 5, and 7.

[Translation done.]

This Page Blank (uspto)

## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] the storage which memorized the program for this invention to enforce the effective antenna design approach for the miniaturization design of a sector antenna, and this approach — being related — especially — miniaturization optimization of the sector antenna for high-speed wireless LAN, and the object for mobile-communication base stations — it is related with the storage which memorized the program for enforcing the effective antenna design approach as an approach and this approach of performing miniaturization optimization of 2 cycles or 3 cycle common antenna.

[0002]

[Description of the Prior Art] The design method of the Yagi-Uda antenna using conventional Genetic Algorithms (henceforth "GA") is reported by for example, reference 1:"Eric A.Jones, William T.Joines:" Design of Yagi-Uda Antennas Using Genetic Algorithms, and "IEEE Trans.A-P Vol.45, No.9Sept.1997."

[0003] Drawing 17 is the block diagram showing the example of 1 configuration of the four-element Yagi-Uda antenna designed using the conventional approach. The technique of optimization of the Yagi-Uda antenna by the conventional GA defined the element number beforehand (in the case of this example of a configuration, it is element-number =4), then, arranged these unknowns as an unknown train by having made the component length (this example of a configuration L1, L2, L3, L4) and component spacing (this example of a configuration S2, S3, S4) of each component into the unknown, and constituted the chromosome.

[0004] The example of a configuration of the chromosome constituted by the unknown in this example of a configuration is shown in drawing 18 . As shown in drawing 18 , the chromosome of this example of an antenna configuration is formed by constituting component length (L1, ..., L4) and component spacing (S2, ..., S4) from 6-bit binary data, respectively, and arranging three 6-bit binary data showing four 6-bit binary data showing the component length L1, L2, L3, and L4, component spacing S2 and S3, and S4 in by turns.

[0005] The flow chart which shows the design approach of the Yagi-Uda antenna using this conventional GA is shown in drawing 22 . Only the number which defined beforehand the unknown train (= chromosome) which first consisted of component spacing as shown in drawing 18 , and component length is generated using a random number, and let these generated chromosomes be initial value (Step1).

[0006] Next, the antenna property of each chromosome is searched for by simulation using a moment method using the chromosome generated as these initial value (Step2).

[0007] Next, each chromosome is ranked using object function  $O(x)$  given by the following formula  $O(x) = aG(x) - b|50 - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))|$  (Step3). Here, an impedance and  $\text{Re}(x)$  shall express the real part of  $x$ , and  $\text{Im}(x)$  shall express the imaginary part of  $x$ , and directional gain and  $Z(x)$  of  $G(x)$  are [  $a$ ,  $b$ , and  $c$  ] the multipliers showing the significance of each item.

[0008] Based on the rank of each chromosome for which it asked with the above-mentioned object function, hereditary actuation which makes a new generation's chromosome from the this

ranked chromosome is performed (Step4).

[0009] the last — the above — if it judges whether a new generation's chromosome is filling the condition of convergence (Step5), and the condition of convergence is filled and it is not filled [ ended processing and ] — this — \*\*\*\*\* — the same processing is repeated until it performs said Step2 to Step5 and the condition of convergence is filled about a generation's chromosome.

[0010] By the antenna design approach by such conventional GA, when using a fixed-length chromosome, an element number must be fixed. Therefore, by the antenna design approach by the conventional GA, the limitation was in the flexibility of antenna structure which can be inputted. Moreover, the device was not carried out at all to optimization of the structure of having symmetry-of-revolution nature and axial symmetry nature. Furthermore, there was a fault that neither the optimization problem of beam width regularity nor the optimization problem of a miniaturization could be solved.

[0011] Such conventional technique also had still more nearly another problem. That is, it is necessary to opt for the basic configuration (for example, do you consider as a Yagi-Uda antenna and consider as a corner reflector antenna?) of an element number and an antenna, and optimization is first performed in this conventional design approach as the decided element number and a parameter study in the range of structure. Especially, in the case of a Yagi-Uda antenna, the phase and amplitude of a current which are guided to the wave director or a reflector act on an antenna property (CG publication: an antenna handbook, pp.347-354). This is a value determined with the structure of component spacing, component length, etc. On the other hand, a Yagi-Uda antenna is in the inclination for gain to become large as array length becomes long. For this reason, when the antenna was optimized under the conditions which limited the selectable range of an element number and component spacing, the result that gain becomes high as a result of only lengthening the array length of this antenna is brought, and the current distribution on the wave director and a reflector has not necessarily brought optimal result, namely, there was a problem that the result that max and the complex component of a phase have little amplitude was not brought.

[0012] Other examples of the design approach of the antenna using GA are shown in drawing 19. Drawing 19 is called Crookedwire genetic antenna and optimizes the monopole antenna which consists of wires which connect the point of the arbitration of a design sky [ which consists of  $0.5\lambda$  ( $\lambda$ : wavelength) cubes (refer to Edward E. Altshuler and Derek S. Linden: "Wire-Antenna Designs Using Genetic Algorithms" IEEE A-P Magazine Vol.39, No.2, and April 1997.) ] throughout, and can do it. In this antenna design approach, a degree of freedom is in the antenna structure which can be chosen to some extent, it cannot remain in a parameter study but optimization of structure can also be measured. However, the number of wires is determined beforehand and cannot be applied to optimization of a sector antenna.

[0013] Next, the design method of the conventional sector antenna which does not use GA is explained. Drawing 20 is drawing which is proposed as a small sector antenna for 19GHz band wireless LAN and in which showing a multisector monopole Yagi-Uda antenna (MS-MPYA). MS-MPYA has many design parameters, as shown in the following [table 1]. Conventionally "Maruyama, Uehara, Kagoshima : IEICE TRANSACTIONS B-II, "the analysis of the small multi-sector antenna for wireless LAN using a monopole Yagi-Uda antenna and a design", Vol.J80-BII, pp.424-433, No. May, 1997 [ 5 or ] and", and "1996 Institute of Electronics, Information and Communication Engineers synthesis convention:B-105 Maruyama, As shown in Uehara and Kagoshima: "analysis of the sector-ized monopole Yagi array with a metal fin installed on the finite cope plate"" etc. About the array length for every sector, the radius of a cylinder reflector, component length, the height of a reflector, and the length of a metal fin, the parameter study was performed independently, respectively and optimization was measured.

[0014]

[A table 1]



表1 アンテナ構造パラメータ  
と解析設計に用いた寸法 ( $\lambda=15.37\text{mm}$ )

$r$	地板の半径
$s$	円筒リフレクタの半径 ( $0.98\lambda$ )
$hr$	リフレクタの高さ
$lr$	金属フィンの長さ
$rt$	リフレクタの厚さ ( $0.13\lambda$ )
$lg$	リフレクタから地板の端までの長さ
$la$	アレーの長さ
$d_0$	リフレクタと給電素子#1の間隔
$n$	一つのアレーを形成する素子の数 #1: 給電素子、#2..#n: 導波素子
$dp$	素子間隔
$ai$	ワイヤーの半径 ( $0.00325\lambda$ )
$hi$	素子#iの高さ

[0015] Moreover, although MS-MPYA performs sector arrangement, makes beam width small by using a contiguity array effectively and gain was raising the raising property as shown above "the analysis of the small multi-sector antenna for wireless LAN using a monopole Yagi-Uda antenna, and a design", it had not resulted in the optimal arrangement of the passive element which generalized this. Moreover, as shown in following [table 2], when there were many classes of design condition, the property was investigated about each and optimization was measured. For this reason, a great effort and time amount were needed.

[0016]

[A table 2]

表2 設計条件

中心周波数	19.5GHz
比帯域	0.6%
セクター数	12
円錐面半値幅*	30°
垂直面チルト角	15° ~ 20°
F/B比	20dB以上
指向性利得	15dBi以上
アレー間結合	-30dB以下
リターンロス	-15dB以下

[0017] Drawing 21 is the example of the dual tone multifrequency common antenna for the conventional base station antenna for mobile communication (Suzuki, Kagoshima refer to "arbitration beam width 2 frequency-band common corner reflector antenna" Vol.J75-BII, pp.950-956, and No. December, 1992 [ 12 or ]). In the conventional design method, the structure of a reflector is determined first. For example, a corner reflector like drawing 21 and Maruyama Tamami, Kagoshima It considers as a cylindrical reflector which is indicated in Ken-ichi: "grade beam 2 cycle common corner reflector antenna", NTTR&D, Vol.42 No.9 1993., and pp.1135 September, 1993 [ -1146 or ]. It was designing by performing a parameter study about the corner angle of a corner reflector antenna, corner length, etc. after it.

[0018] Optimization in the limited conditions had also taken this a great effort and time amount like the above-mentioned conventional example.

[0019]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] as shown above, both the conventional optimization approaches using GA and sector antenna design methods carry out a parameter study, after limiting structure first — \*\*\*\* — it did not pass but structure was left to an architect's

decision. Moreover, by the optimization approach of the Yagi-Uda antenna using the conventional GA, an element number could not be made adjustable, but there was no degree of freedom also in arrangement of a passive element. By the further conventional technique, there was a fault that the device was not carried out at all, about the means of optimization for a sector antenna miniaturization.

[0020]

[Means for Solving the Problem] This invention is constituted as follows for the purpose of solving the above-mentioned technical problem.

[0021] This invention is the antenna optimal-design approach for designing antenna structure using a chromosome (for example, data structure which imitates for a chromosome and is set as the object of hereditary processing). The 1st process (S1) which generates only the number which defined beforehand the chromosome which consists of at least one component information including a location and component length, The component length deletes the following [ a predetermined value ] among the component information on the chromosome of this number of \*\*\*\*\* pieces which is alike, respectively and is included. And the 2nd process (S2) which leaves one component information among two or more component information that the positional information overlaps, and deletes others, the chromosome obtained according to the this 2nd process — respectively — being also alike — \*\*\*\*\* and the base for 1 sector — with the 3rd process (S3) which constitutes information The 4th process which generates the component information on an antenna based on each of the component information for 1 sector obtained according to this 3rd process (S4), By evaluating each of the component information on the 5th process which calculates an antenna property, and (S5) and this antenna based on an object function (O (x)) based on each of the component information on this antenna The 6th process (S6) which ranks it as said number of each chromosome defined beforehand, eye this \*\* — laws — hereditary actuation being performed saving preferentially what was excellent for every property based on the rank attached to the \*\*\*\* chromosome, and with the 7th process (S7) which generates a new generation's gene cluster It judges whether a new generation's gene cluster is filling the predetermined condition of convergence. this — If this predetermined condition of convergence is filled, an antenna design is ended and this predetermined condition of convergence is not filled, it is characterized by providing the 8th process (S8) which repeats the 7th process from said 1st process based on said new generation's gene cluster.

[0022] This invention can be carried out also as a record medium which stored the program for carrying out the 8th process from the 1st process of the above again.

[0023] the voice of operation of this invention — it sets like, the positional information of a component is constituted using cylindrical coordinates (ri, thetai) in said 1st process, and the component information on this antenna is generated in said 4th process using the mirror image of said component information for 1 sector — you may constitute like.

[0024] the voice of another operation of this invention — like — setting — said 7th process — setting — eye this \*\* — laws — \*\*\*\* — a number — the chromosome of the predetermined number individual which sorted out the predetermined number individual and was this sorted out among chromosomes from what has a high rank — the next generation — surely — \*\* — you may constitute so that hereditary actuation may be performed like.

[0025] In the mode of still more nearly another operation of this invention as said object function  $O(x) = aG(x) - b|A - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|B - \text{HBW}| - eAL$ , however,  $G(x)$  — the directional gain of this antenna, and  $Z(x)$  — the impedance of this antenna — As for HBW, AL the half-value width of the radiation directivity within the level surface of this antenna array length ( $AL = r_{\max}$ ) The element number after the auxiliary function formed so that a beam crack might not occur is shown and  $l(x)$  deletes the short thing of the lap of a component or component length, and a, b, c, d, e, f and g T (x) A and B which are a multiplier showing the significance of each item and are not restricted to the real number may use the object function which is a desired impedance value and half-value width.

[0026]

[Example] The example of this invention is explained to a detail, referring to an attached drawing.

[0027] [the 1st example] — the 1st example of this invention is explained first, referring to drawing 1 , drawing 2 , drawing 3 , drawing 4 , drawing 5 , drawing 6 , drawing 7 , and drawing 23 .

[0028] Drawing 1 shows the model in the case of having cylindrical coordinates and being for a sector antenna miniaturization. In drawing 1 , a notation "O" shows the location of feed component #1, and is arranged on a shaft with an include angle [ of a polar coordinate ] of  $\phi = 0$  degree in the location of the distance  $r$  of the arbitration from a zero. The notation "-" shows passive element #2 to #j.

[0029] Each component is defined by Parameters  $h_i$  and  $r_i$  and  $\phi_{ii}$ .  $h_i$  expresses the component length of the  $i$ -th component, and, as for  $r_i$ , the distance from the zero of the  $i$ -th component and  $\phi_{ii}$  express the include angle of the polar coordinate of the  $i$ -th component here ( $i = \#1 - \#j$ ).

[0030] Moreover, the chromosome (data structure set as the object of hereditary processing) which is the unknown train of GA algorithm showing a sector antenna is constituted as shown in drawing 2 . That is, this chromosome consists of the feed component section (it is equivalent to feed component #1) which consisted of distance  $r_{\#1}$  from a zero with the component length  $h_{\#1}$ , and the passive element section (it is equivalent to passive element #2 - #j) which consists of combination of the individual which each becomes from the component length  $h_i$ , distance  $r_{\#i}$  from a zero, and include-angle  $\phi_{\#i}$  of a polar coordinate ( $j-1$ ).

[0031] Here, as shown in drawing 1 , an antenna is sector-ized, and it divides into two or more sectors. The number of sectors is determined beforehand. The number of sectors is set to  $S$  and maximum  $\phi_{\max}$  of  $\phi$  used for the analysis of an antenna property is made into  $180/S$  ". Moreover, about distance  $r_{\#i}$  from the zero of an antenna element, the maximum  $r_{\max}$  and the minimum value  $r_{\min}$  are set up beforehand. A limit is prepared also about component length  $h_{\#i}$ , using the minimum value  $h_{\min}$  as  $0.07\lambda$  using the maximum  $h_{\max}$  as  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ : wavelength). Thereby, the excitation conditions of an antenna are determined.

[0032] Thus, structure of an antenna is expressed and sector-ized by the polar coordinate, the excitation condition is determined, each element value ( $h_{\#i}$ ,  $r_{\#i}$ ,  $\phi_{\#i}$ ) of each chromosome which is the unknown train is determined using a random number, and a chromosome as shown in drawing 1 is created. Thus, only the population which defined the chromosome created beforehand is prepared ( drawing 23 : step S1).

[0033] in addition, the following explanation — setting — explanation — for convenience — the number of sectors — minimum value:  $r_{\min}$  = of the distance from the zero of :  $S=12$  and an antenna element —  $0 [\lambda]$  ( $\lambda$ : wavelength) and this maximum:  $r_{\max}$  = — under  $5 [\lambda]$  and the conditions which make the population  $N$  of a chromosome 120 pieces Although explained as what performs optimal design of an antenna, it is not limited to the bottom of this condition, and according to a desired antenna property etc., these conditions are set as arbitration and this invention can perform them.

[0034] Next, it moves to step S2 of drawing 23 . Here, according to the conditions defined below, the element number is determined to each 120 chromosome prepared at said step S1.

[0035] First, while component length  $h_{\#i}$  deletes the component about the thing of under  $0.1\lambda$ , the overlapping component is removed when a part of component laps. The component which remained after this clearance serves as an element number of that chromosome. This component clearance processing is performed about each chromosome. Thus, it means that the component location of the one half of 1 sector centering on  $\phi = 0$  degree was defined in the antenna corresponding to each chromosome in saying [ determining an element number for every chromosome ].

[0036] Thus, in the antenna structure which sets up an unknown with a random number and is acquired for every chromosome, this passive element operates also as a reflector also as the wave director according to the component length and the coordinate location obtained picking of a passive element. Therefore, the antenna structure corresponding to a chromosome acquired in the above-mentioned step 2 can be regarded as a fusion model of the antenna which has a passive element (wave director) like an antenna with a reflecting plate like a corner reflector antenna, and Yagi and the Uda array antenna.

[0037] Next, step S3 of drawing 23 is explained. In this step, based on the component location of the one half of 1 sector centering on  $\phi = 0$  degree appointed in said step S2 etc., it opts for

component arrangement of one half besides 1 sector by creating the mirror image of the component centering on  $\phi = 0$  degree, and these both determine the component location of the whole 1 sector. In addition, in case a mirror image is created, when a part of component laps on the borderline of a sector, processing for which the core of the component is moved on the borderline of a sector is performed. By performing the above-mentioned processing about all 120 chromosomes, the component arrangement for 1 sector will be created by 120 pieces.

[0038] Next, it can carry out based on component arrangement of 1 sector created at said step S3, and the structure of the one whole sector antenna can be set for component arrangement of the remaining sectors (11 sectors) linear transformation or by making it rotate to every  $2\pi\phi_{\max}$  ( $=360\text{-degree}/S$ ) centering on the zero of a polar coordinate. By performing this linear transformation or processing by rotation about each 120 chromosome, the sector antenna structure for 120 pieces is created. This is step S4. Completion of processing of step S4 determines 120 sector antenna analytic models with which the element number was set up with adjustable.

[0039] Next, an antenna property is calculated using Improved Circuit Theory (I. C.T law) about each of 120 sector antenna analytic models determined by said step S4 (step S5). I. — C.T — the detail of law — reference — “ — Inagaki and Sekiguchi: — ” — a line — strict design” which makes max directional gain of the array which uses an antenna as a component, and IEICE TRANSACTIONS — it is stated to (B), 53-B, No.11, pp 687-692, 1970”, or “N.Inagaki: “An improved circuit theory of a multi-element antenna.”, IEEE Trans.on AP, Vol.17, No.2, p.120, March, 1969”

[0040] After calculating the antenna property of all models by said step S5, fitness function  $f(x)$  is used for the object function  $O(x)$  list defined by the following (8) types and (9) types, and all 120 chromosomes are ranked (step S6).

[0041]

$O(x) = aG(x) - b|50 - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|30 - \text{HBW}| - eAL + fT(x) - gI(x) \dots (8)$

$f(x) O[=](x) - (O_{\text{avg}} - \alpha\sigma) \dots (9)$

$G(x)$  of (8) types shows directional gain,  $Z(x)$  shows the auxiliary function which prepared array length ( $AL = r_{\max}$ ) so that, as for  $AL$ , a beam crack might not generate the half-value width of the radiation directivity [ HBW ] within the level surface for an impedance, as for  $T(x)$  here, and  $I(x)$  shows the element number after deleting the short thing of the lap of a component, or component length. Moreover,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$ , and  $g$  are the multipliers showing the significance of each item.

[0042] Moreover,  $O_{\text{avg}}$  of (9) types shows the average of  $O(x)$ , and  $\sigma$  shows the standard deviation of  $O(x)$ . Furthermore,  $\alpha$  of (9) types is a multiplier which performs weighting to  $\sigma$ , and takes the value of the range of  $1 \leq \alpha \leq 3$ .

[0043] (8) When a formula is seen, although what has high gain, what has an impedance close to 50 ohms, the thing from which the half-value width of the radiation directivity within the level surface becomes 30 degrees, and array length are short, it turns out that it is a function aiming at making priority high.

[0044] The half-value width of the radiation directivity within the level surface fulfills the target in the case of performing analysis of an array antenna property now for 30 degrees, and suppose that what satisfies the conditions which make array length min is obtained. Since priority may be given to another item depending on how to choose the multiplier of the above-mentioned (8) formula, caution is required for selection of a multiplier. Here, although explained as a thing of explanation which set the multiplier  $a$  of (8) types to 200 for convenience, analyzed 100 for  $b$  and  $c^2$ , and  $d$ , and analyzed 5 and  $g$  for  $e$  as 1, how to choose a multiplier in this invention is not limited to this, and the value of each multiplier can be set as arbitration.

[0045] Next, step S7 is explained. Hereditary actuation shown below is carried out saving preferentially what was excellent in the antenna property out of 120 chromosomes ranked in said step S6.

[0046] Here, in carrying out this hereditary actuation, there are two kinds of approaches, roulette Conservation Act and elite Conservation Act. About the detail of these approaches, it is written to reference “D. E.Goldberg, “Genetic algorithms in serach, optimization and machine learning”,

Reading, Mass.:Addison-Wesley, 1989." The outline is explained below.

[0047] First, roulette Conservation Act is explained.

[0048] The roulette constituted so that the probability for the high thing of a rank to be chosen from the ranked chromosomes might become high is prepared. A turn of this roulette chooses one chromosome. Actuation of newly selecting 120 chromosomes is performed by repeating selection of the chromosome by this roulette 120 times. In this selection actuation, the high chromosome of a rank may be chosen two or more times highly [ possibility that more high chromosomes of a rank will be chosen ]. On the other hand, possibility that the low chromosome of a rank will be chosen by this roulette will be extinguished gradually low therefore. As a result, the high chromosome of a rank has priority and is chosen.

[0049] In this way, the parents of mating (exchange the element of the one half of a chromosome mutually) are chosen at the rate of mating set up beforehand out of two or more selected chromosomes. Although the rate of mating can be set as arbitration, when the rate of mating is set to 0.5, for example, 60 chromosomes are elected from 120 chromosomes chosen by this roulette. Which approach may be adopted, although it can choose out of 120 chromosomes at random, it can consider as 60 chromosomes chosen first or that selection approach can be variously considered in the approach of choosing these parents.

[0050] Thus, when choosing 60 chromosomes which serve as parents of mating, next every two of these parents are made into a pair, each chromosome is divided into one half, and it is made to cross by pairs.

[0051] Furthermore, the chromosome of mutation is created by the probability beforehand defined out of 120 chromosomes obtained in this way. This mutation carries out some elements of the selected chromosome by changing suitably.

[0052] The above hereditary actuation processing generates a new generation's chromosome group.

[0053] This is the hereditary actuation which makes a new generation's chromosome in step S7.

[0054] Since the preferential rank is performed for the chromosome so that the probability for the thing which has an excellent antenna property to be chosen and left behind in step S7 may become high as above-mentioned, the probability for what was excellent in the property in a new generation's chromosome to remain becomes high.

[0055] Next, elite Conservation Act is explained.

[0056] It chooses as a chromosome saved without ranking it as each of all 120 chromosomes, choosing the chromosome of the number beforehand defined sequentially from [ with a high rank ] the inside of this 120 ranked chromosome first, and changing this as it is by processing of said step S6 as above-mentioned. For example, the chromosome of 20 high orders shall be chosen. The remaining number which should be chosen in order to prepare 120 chromosomes which serve as parents of the mating for performing hereditary actuation becomes  $120-20=100$  piece. Roulette with which the probability for the high thing of a rank to be chosen from the 120 ranked chromosomes same here as the roulette used in above-mentioned roulette Conservation Act becomes high is prepared, this is repeated 100 times, and is turned, and actuation of newly selecting 100 chromosomes is performed.

[0057] Next, the parents of mating (exchange the element of the one half of a chromosome mutually) are chosen at the rate of mating beforehand set up out of these 100 pieces. For example, 0.5, then 50 chromosomes will be chosen for the rate of mating. Although it can choose at random, it can consider as 50 chromosomes chosen first or that selection approach can be variously considered when choosing these parents, you may elect by which approach.

[0058] Thus, when choosing 50 chromosomes which serve as parents of mating, two chromosomes which serve as these parents next are made into each pair, each chromosome is divided into one half, and it is made to cross by pairs.

[0059] Furthermore, the chromosome of mutation is created by the probability beforehand defined out of 100 chromosomes obtained in this way. This mutation carries out some elements of the selected chromosome by changing suitably.

[0060] Thus, 20 chromosomes chosen as a chromosome which it leaves certainly preferentially first, and 100 chromosomes which chose after that and added hereditary actuation are doubled,

and 120 new chromosomes are born as a new generation's chromosome group. It is the example of formation of the chromosome of a new generation when this uses elite Conservation Act.

[0061] In addition, setting up conditions further is also considered so that a better result may be obtained in the above-mentioned hereditary actuation, but since it is not the essence of this invention, please refer to the reference mentioned above about those details.

[0062] The above-mentioned actuation is performed at step S7 of drawing 23.

[0063] Next, whenever [ the chromosome group's convergence ] is judged at step S8, if whenever [ convergence / which was set up beforehand ] is satisfied, it will move to step S9 and actuation will be ended. On the other hand, if whenever [ convergence ] is not satisfied, it returns to step S2, and the above-mentioned actuation is repeated. In the judgment of whenever [ convergence ], it can confirm whether said Oavg is in a convergence condition, or said sigma can judge to it by what is become small (0 is approached).

[0064] Moreover, as criteria which judge whether it is in a convergence condition, when an antenna property adds the criteria which judge to various parameters whether it is converging on the desired value, it becomes possible to design the array antenna of a still better property.

[0065] The operation result of the antenna optimal-design approach concerning this example at the time of using roulette Conservation Act for below is shown. In addition, in this operation, the rate of mating is set to 0.5 as an active parameter of above-mentioned roulette Conservation Act, and a mutation rate is set to 0.001, and the chromosome of the 1st generation to the 90th generation is formed and analyzed according to the antenna optimal-design approach which sets 100 and e to 5, sets g to 1, and starts this example in the multipliers a200, b, and c2 of the above-mentioned (8) types, and d.

[0066] Drawing 3 is the graph which showed the average of object function [ for every generation ]  $O(x)$ , and whenever it piles up a generation, signs that it is completed by the average of an object function understand it.

[0067] It turns out that drawing 4 shows the value of the half-value width of the radiation directivity within the level surface for every generation, and it is converging on 30 degrees which is a desired design value.

[0068] Although it is shown how the average for every generation of an input impedance converges drawing 5 and the reactance component X is converged in the place near the desired value 0 [omega], the resistance component R is converged from 50 [omega] of the 100 [omega] neighborhoods and a request in a little distant place. In (8) types, since the value of a multiplier b is lower than others, the significance of the item of this resistance component falls, and since this element was made light of, this is considered.

[0069] Moreover, the arrangement of a passive element and the relation of the component length of each component which were obtained by the algorithm of this invention shown in drawing 23 are shown in drawing 6. The antenna structure shown by this drawing 6 is the configuration which cannot be drawn by the technique of carrying out sector arrangement of the conventional Yagi-Uda antenna and the corner reflector antenna, and performing a parameter study. The radiation directivity within the level surface of this antenna structure is shown in drawing 7. The result which a gap does not have in the direction of a main beam, either, and realizes half-value width of 30 degrees of the radiation directivity within the level surface is obtained so that drawing 7 may show.

[0070] Thus, by the conventional approach, the antenna design to the miniaturization of a sector antenna even including the difficult antenna structure becomes easy by application of Genetic Algorithms by using the approach of this invention.

[0071] The [second example], next the second example of this invention are explained.

[0072] This second example is the same as said first example except for the point that the object functions used in Step6 differ.

[0073] The object function in the second example is term-(10) of the following which deletes gL (x) and is obtained type which gives constraint to the function fT (x) formed so that term +kSL (k is a multiplier and SL is a side lobe level) which reduces a side lobe, and term +hBL (h is a multiplier and BL is a back lobe) which reduces a back lobe might be added to the aforementioned (8) formula and a beam crack might not occur, and an element number.



[0074]

$O(x) = aG(x) - b|50 - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|30 - \text{HBW}| - eAL + kSL + hBL \dots (10)$

In addition, fitness function  $f$  used in step S6 (x) If it attaches, the same aforementioned (9) formula as the first example is used.

[0075] The antenna optimal-design approach concerning the second example of this invention was performed, it optimized and \*\*\*\* antenna structure was acquired. The example of arrangement of the passive element in the optimized this antenna structure is shown in drawing 8, and the radiation directivity within the level surface is shown in drawing 9. The reduction term of a side lobe and a back lobe added by (10) formulas so that drawing 9 might show shows that the side lobe and the back lobe are reduced.

[0076] Here, the side lobe aimed at becoming  $-10\text{dB}$  or less in  $45 \text{ degrees} < \phi < 150 \text{ degrees}$  in this example. in order to attain this target, when a side lobe level fills  $-10\text{dB}$  or less, an assessment value is made high (in this example, it was set as  $kSL=1000.0$ ), and an assessment value is lowered when not filling  $-10\text{dB}$  or less (in this example, it was set as  $kSL=-100.0$ ) -- it specified like. Moreover, it was specified that a back lobe makes an assessment value high when back-lobe level fills  $-15$  or less  $\text{dB}$ s in  $150 \text{ degrees} < \phi < 180 \text{ degrees}$  for the purpose of the level being set to  $-15$  or less  $\text{dB}$ s, and it made an assessment value low when other. Thus, it sets to this invention and is object function  $O(x)$ . The discrete function may be contained in inside. This technique is advantageous compared with other technique, when solving the problem which cannot be expressed with a continuous function.

[0077] In addition, at this example, it is object function  $O(x)$ . Since term  $I(x)$  about an element number was not prepared, the element number for every sector has increased a little with 22.

[0078] Although the location of each component was specified using the cylindrical coordinate system in the first of [third example] this invention, and the second example, this invention can be carried out, also when using a rectangular coordinate system instead of a cylindrical coordinate system and specifying the location of each component. The case where this rectangular coordinate system is used is explained below as the third example.

[0079] in this example using rectangular coordinates, although the processing which set up component arrangement of the antenna in that differed to the flow of this invention showed in drawing 23 so that a definition of the chromosome in step S1 might state below, and the concept of sector-izing be removed (processing of step S3 and S4 change) change, as an algorithm, it be the same as that of the 1st and 2nd above-mentioned examples.

[0080] First, the configuration of the chromosome used in this example is explained. Drawing 10 is an example of an antenna configuration at the time of using rectangular coordinates. let passive reflector #2 which make an unknown each coordinate (x y) and the component length H to feed component #1 which has the component length  $H\#1$  fixed to the zero (coordinate (0 0)) at this antenna, #m, and each coordinate (x y) and the component length H be unknowns ---less --- feed wave director #m+1 to #n is prepared. m is the two or more natural numbers, and n is the three or more natural numbers here. In addition, it sets for the example of an antenna configuration shown in drawing 10, and, only for # 2, a passive reflector is. ( $m=2$ ) The wave director non-supplied electric power is #3 to #6 ( $n=6$ ).

[0081] In drawing 10, the notation "O" shows the location of feed component #1, and arranges it at a zero. # 2 - #m is a reflector which consists of passive elements arranged on the tooth back of a feed component, or a side face. A reflector can be identified with a reflecting plate when component spacing is below  $0.1\lambda$  (Kraus J.D:Antennas Second Edition, p.556, McGRAW-HILL, 1988.). Notation - is wave director #m+1-#n which consists of passive elements.

[0082] The chromosome corresponding to the antenna which consists of nothing feed wave director #m+1 to #m from the above feed component #1 and passive reflector #2 and #n is shown in drawing 11. This chromosome consists of the feed component section, the reflector section, and the wave director section. The feed component section stores the component length  $H\#1$  of the feed component. The reflector section stores each x-coordinate value of passive reflector #2 to #m, a y-coordinate value, and component length ( $RXi, RYi, Hi$ ) (from i#2 to #m). Moreover, the wave director section stores each x-coordinate value of nothing feed

wave director #m+1 to #n, a y-coordinate value, and component length (DXi, DYi, Hi) (i is #n from #m+1). In addition, although a reflector and the wave director section are independently prepared in the above-mentioned example, respectively, when the conditions given to the maximum of a reflector and each wave director, the minimum value, the number of bits, etc. do not need to be divided, it may not dissociate in this way but you may unify as one kind of passive element section.

[0083] the above-mentioned chromosome -- setting -- the property of each component -- or (RXi, RYi, Hi) (DXi, DYi, Hi) it determines. The range of each unknowns RXi, RYi, DXi, DYi, and Hi is appointed as follows, respectively, and excitation conditions are determined.

[0084]

RXi : The minimum value RXmin = 0; maximum RXmax = 0.25, RYi : The minimum value RYmin = 0; maximum RYmax = 1.0 and DXi: minimum value DXmin = 0; maximum DXmax = 5.0, DYi: minimum value DYmin = 0; maximum DYmax = 1.0, and Hi : Minimum value Hmin = 0 ; It determines using maximum Hmax = 0.35, each element value (RXi, RYi, Hi) of each chromosome which the structure of an antenna is expressed with rectangular coordinates, and the excitation condition is determined as mentioned above, and is an unknown train, and (DXi, DYi, Hi) a random number, and a chromosome is created. Thus, only the population which defined the chromosome created beforehand is prepared (step S1).

[0085] Next, the element number in each chromosome is determined (step S2). In each chromosome, when the element value contained in a different component is the same (i.e., when a part of structure of a component has lapped), or when the component length Hi is smaller than the value defined beforehand, the component is removed from the chromosome.

[0086] Thus, a mirror image is created to the X-axis so that the radiation directivity within the level surface may be applicable to the direction of a transverse plane about the obtained elements. Under the present circumstances, the component on the X-axis is deleted. This processing is performed about each chromosome of said population defined beforehand, and only the number as which the antenna analytic model with which the element number was set up with adjustable was determined beforehand is determined (step S3').

[0087] Next, an antenna property is calculated by using Improved Circuit Theory (I. C.T law) about said all antenna analytic models (step S5). Fitness function f (x) is used for an object function O (x) list based on count of this antenna property. Ranking all chromosomes and saving preferentially what was excellent in the antenna property out of (step S6) and the ranked this chromosome hereditary actuation -- carrying out -- a new generation's chromosome -- making (step S7) -- the last -- this -- \*\*\*\*\* -- whenever [ convergence / of a generation's chromosome ] is judged, and if whenever [ convergence / which was set up beforehand ] is satisfied, processing will be ended and whenever [ this convergence ] will not be satisfied, the above-mentioned processing (from step S2 to step S7) is repeated.

[0088] Next, the concrete operation result when using the chromosome by this rectangular coordinates is shown.

[0089] It sets to this operation and is object function O (x). It carried out and the following (11) types were used.

[0090]

$$O(x) = aG(x) - b|50 - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| - d|30 - \text{HBW}| - eAL + fT(x) \dots (11)$$

Arrangement of the passive element obtained as a result of having carried out the third example using the above (11) is shown in drawing 12. this -- " -- the arrangement which can take a value with the beam width of the radiation directivity within the level surface near [ 30 degrees and an impedance ] 50 [ohm] among the structures which scatter a passive element in the given space and are acquired, and can make array length small -- some -- " -- \*\* -- it is the result of solving the problem to say by the count and GA by rectangular coordinates ICT. the radiation directivity within the level surface to the antenna structure of having arrangement of this profit \*\*\*\* passive element is shown in drawing 13. As shown in this drawing, the beam width of 30 degrees is filled in this antenna structure.

[0091] As shown above, rectangular coordinates GA-ICT like the third example of this invention also serves as an effective means for considering arrangement of the component for acquiring a



request property. However, it is more desirable to use the cylindrical coordinates which are the 1st example of this invention, since setting out of the range of a Y coordinate becomes difficult in the case of rectangular coordinates in case the arrangement which becomes small is considered, when it sectorizes. Moreover, although it is shown that the side lobe and the back lobe have generated about -10dB of drawing 13, this is object function O (x). It is because the convention (kSL in said second example, hBL) for reducing these is not put in.

[0092] [Example which is the fourth] The fourth example of this invention is shown below. This example is the same as that of said third operation except for the point which did not separate a reflector and the wave director but has only been unified as a passive element.

[0093] The configuration of the chromosome of this example is shown in drawing 14. This chromosome consists of the feed component section and the passive element section. The feed component section stores the component length H#1 of the feed component, and the passive element section stores each x-coordinate value of #n, a y-coordinate value, and component length (DXi, DYi, Hi) from passive element #2 (from i#2 to #n).

[0094] The result of having performed the antenna optimization design approach concerning this fourth example is shown below. Here, the conditions given to DXi, DYi, and Hi presupposed that it is the same as that of the 3rd above-mentioned example, and used the following (12) types instead of (11) types as object function O (x).

[0095]

$$O(X) = aG(x) - b|50 - \text{Re}(Z(x))| - c|\text{Im}(Z(x))| \dots (12)$$

Optimization of the antenna in this example is exactly with solution *Lycium chinense* about the problem "whether it operates as an antenna with which high gain will be acquired if it is made what kind of component length and component arrangement when only the maximum of an element number is decided and a passive element is scattered in the space where magnitude was decided." The result calculated using the optimization technology of this example is shown in drawing 15 and drawing 16. Drawing 15 is the example of arrangement of the passive element in the antenna structure acquired as a result of enforcing this optimization approach. The radiation directivity within the level surface of the antenna which has arrangement of this passive element is as being shown in drawing 16. In the optimized antenna, the half-value width of 22 degrees and 12dB of gains were acquired so that drawing 16 might show. The thing with gain a little low for array length 5lambda is because it has the structure of setting no components back from the feed component.

[0096] When the description of the first of this invention and the second example showed the conventional design method shown by drawing 22 and it is compared, (1) The point of generalizing a chromosome using system of coordinates and not restricting the conventional component spacing to the specific structure of component length, (2) The point which has adopted cylindrical coordinates, and the cross coupling between (3) sectors are taken into consideration. It is in a mirror image, the point of reducing computational complexity, making full use of linear transformation, and the function for (4) at the point which has adopted the term which gives priority to what has the small beam width near constant value and antenna size aiming at a sector antenna miniaturization.

[0097] When the description of the third and fourth examples of this invention showed the conventional design method shown by drawing 22 and it compares, it generalizes a chromosome using (1) system of coordinates, and is [ the point of not restricting the conventional component spacing to the specific structure of component length, and ] that it has adopted the point of reducing computational complexity, making full use of (2) mirror images.

[0098] In addition, even if it changes a feed component as for plurality and changes all components into a feed component from a passive element by this invention, it cannot be overemphasized that the effectiveness same with having been shown in this description is acquired if needed by adding the term of the unknown of a phase and the amplitude to a chromosome by the element number.

[0099]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it becomes possible to optimize especially, arrangement of the component of a sector antenna, the Yagi-Uda antenna

using the array of a passive element, and the antenna of the corner reflector type which can approximate a reflecting plate in the train of a passive element in the high place of a degree of freedom so that a request property may be fulfilled. According to this invention, the structure of a chromosome can make an element number into an unknown especially in the fixed-length state. It is possible to optimize beam multifrequency common problems, such as a miniaturization problem of the sector antenna of arbitration, using this invention, and it is a means effective in miniaturization optimization of a beam multifrequency common antenna, such as miniaturization optimization of the antenna for wireless LAN, and an object for mobile communication base stations.

[0100] Moreover, according to this invention, analysis including the effect of the cross coupling produced between sectors is easily realizable.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

[Drawing 1] The antenna element using cylindrical coordinates is the block diagram of a location.

[Drawing 2] It is drawing showing the example of a configuration of the chromosome at the time of using cylindrical coordinates.

[Drawing 3] It is drawing showing the situation of convergence for every generation of an object function.

[Drawing 4] It is drawing showing the situation of convergence for every generation of beam width.

[Drawing 5] It is drawing showing the situation of convergence for every generation of an input impedance.

[Drawing 6] It is drawing showing arrangement of the passive element in the antenna structure acquired as a result of operation of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the radiation directivity within the level surface in the antenna structure acquired as a result of operation of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing arrangement of the passive element in the optimized antenna structure.

[Drawing 9] It is drawing showing the radiation directivity within the level surface in the optimized antenna structure.

[Drawing 10] It is drawing showing the example of an antenna configuration using rectangular coordinates.

[Drawing 11] It is drawing showing the example of a configuration of the chromosome at the time of rectangular coordinates.

[Drawing 12] It is drawing showing arrangement of the passive element obtained as a result of having carried out the third example.

[Drawing 13] It is drawing showing the radiation directivity within the level surface of the antenna structure acquired as a result of having carried out the third example.

[Drawing 14] It is drawing showing the example of a configuration of the chromosome at the time of the rectangular coordinates in the fourth example.

[Drawing 15] It is drawing showing arrangement of the passive element in the antenna structure acquired as a result of enforcing the optimization approach in the fourth example.

[Drawing 16] Radiation directivity within the level surface in the antenna structure acquired as a result of enforcing the optimization approach in the fourth example

[Drawing 17] It is drawing showing the structure of the conventional four-element Yagi-Uda antenna.

[Drawing 18] It is drawing showing the configuration of the chromosome of the conventional four-element Yagi-Uda antenna.

[Drawing 19] It is drawing showing conventional Crooked-Wire genetic antenna.

[Drawing 20] It is drawing showing the structure of the conventional multisector monopole Yagi-Uda antenna.

[Drawing 21] It is drawing showing the beam 2 cycle common antennas for the conventional mobile communication base station etc.

[Drawing 22] It is the flow chart which shows the design approach of the Yagi-Uda antenna using the conventional conventional GA.

[Drawing 23] It is the flow chart which shows the antenna optimal-design approach concerning the 1st example of this invention.

[Description of Notations]

hi: Component length

: (xi, y, zi) Rectangular coordinates of a component,

: (ri, thetai) Cylindrical coordinates of a component

phii: Phase

O (x): Object function

S: The number of sectors

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-251134  
(P2001-251134A)

(43) 公開日 平成13年9月14日 (2001.9.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 Q 19/28		H 0 1 Q 19/28	5 J 0 2 0
G 0 6 N 3/00	5 5 0	G 0 6 N 3/00	5 5 0 C 5 J 0 2 1
H 0 1 Q 21/20		H 0 1 Q 21/20	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-61143(P2000-61143)

(22) 出願日 平成12年3月6日 (2000.3.6)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 丸山 珠美

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 本間 尚樹

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外2名)

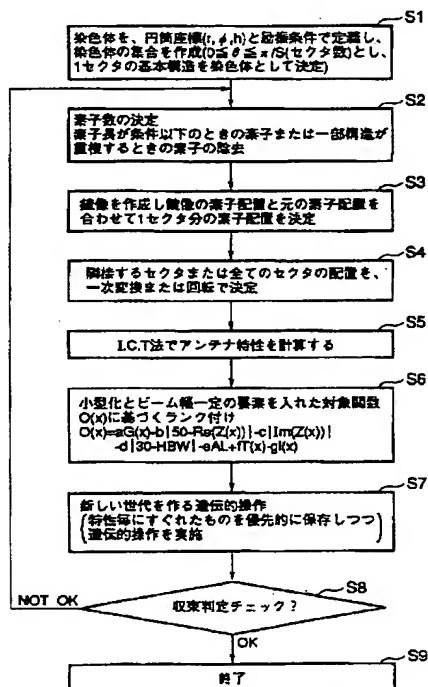
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アンテナ最適設計法、アンテナ最適設計プログラムを格納した記録媒体、及びアンテナ装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 素子数を可変にし、無給電素子の配置にも自由度があり、セクタアンテナ小型化のための最適化にも適用可能なアンテナ最適設計方法の提供。

【解決手段】 ①位置及び素子長を含む素子情報からなる染色体を所定数生成し、②素子長が所定値以下又は位置情報が重複する素子情報を削除し、③得られた染色体のそれぞれに基づいて1セクタ分の素子情報を構成し、④1セクタ分の素子情報のそれぞれに基づいてアンテナの素子情報を生成し、⑤アンテナの素子情報に基づいてアンテナ特性を計算し、⑥素子情報を対象関数に基づいて評価して染色体にランク付けし、⑦特性ごとに優れたものを優先的に保存しつつ遺伝的操作を行い新たな世代の遺伝子群を生成し、⑧新たな世代の遺伝子群が所定の収束条件を満たしているかを判定し、条件を満たせば設計を終了し、条件を満たさなければ新たな世代の遺伝子群に基づいて前記工程を繰り返す。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 染色体を用いてアンテナ構造を設計するためのアンテナ最適設計方法であって、位置及び素子長を含む少なくとも一つの素子情報からなる染色体を予め定めた個数だけ生成する第1工程（S1）と、  
 該予め定めた個数の染色体のそれぞれに含まれる素子情報のうち、その素子長が所定値以下のものを削除し、かつその位置情報が重複している二以上の素子情報のうち、一つの素子情報を残して他を削除する第2工程（S2）と、  
 該第2工程によって得られた染色体のそれぞれにもどづいて、1セクタ分の素子情報を構成する第3工程（S3）と、  
 該第3工程によって得られた1セクタ分の素子情報のそれぞれに基づいてアンテナの素子情報を生成する第4工程（S4）と、  
 該アンテナの素子情報のそれぞれに基づいて、アンテナ特性を計算する第5工程と（S5）、  
 該アンテナの素子情報のそれぞれを対象関数（ $O(x)$ ）にもとづいて評価することにより、前記予め定めた数の染色体それぞれにランク付けを行う第6工程（S6）と、  
 該予め定められた染色体につけられたランクに基づいて、特性ごとに優れたものを優先的に保存しつつ遺伝的操作を行い、新たな世代の遺伝子群を生成する第7工程（S7）と、  
 該新たな世代の遺伝子群が所定の収束条件を満たしているかを判定し、該所定の収束条件が満たされていればアンテナ設計を終了し、該所定の収束条件が満たされていなければ前記新たな世代の遺伝子群に基づいて前記第1工程から第7工程を繰り返す、第8工程（S8）と、を具備することを特徴とする、アンテナ最適設計方法。  
 【請求項2】 染色体を用いてアンテナ構造を設計するためのアンテナ最適設計方法であって、位置及び素子長を含む少なくとも一つの素子情報からなる染色体を予め定めた個数だけ生成する第1工程（S1）と、  
 該予め定めた個数の染色体のそれぞれに含まれる素子情報のうち、その素子長が所定値以下のものを削除し、かつその位置情報が重複している二以上の素子情報のうち、一つの素子情報を残して他を削除する第2工程（S2）と、  
 該第2工程によって得られた染色体のそれぞれにもどづいて、1セクタ分の素子情報を構成する第3工程（S3）と、  
 該第3工程によって得られた1セクタ分の素子情報のそれぞれに基づいてアンテナの素子情報を生成する第4工程（S4）と、  
 該アンテナの素子情報のそれぞれに基づいて、アンテナ

特性を計算する第5工程と（S5）、  
 該アンテナの素子情報のそれぞれを対象関数（ $O(x)$ ）にもとづいて評価することにより、前記予め定めた数の染色体それぞれにランク付けを行う第6工程（S6）と、  
 該予め定められた染色体につけられたランクに基づいて、特性ごとに優れたものを優先的に保存しつつ遺伝的操作を行い、新たな世代の遺伝子群を生成する第7工程（S7）と、  
 該新たな世代の遺伝子群が所定の収束条件を満たしているかを判定し、該所定の収束条件が満たされていればアンテナ設計を終了し、該所定の収束条件が満たされていなければ前記新たな世代の遺伝子群に基づいて前記第1工程から第7工程を繰り返す、第8工程（S8）と、を具備する、アンテナ最適設計方法を実行するためのプログラムを格納した記録媒体。  
 【請求項3】 前記請求項1に記載のアンテナ最適設計法において、  
 前記第1工程において素子の位置情報を円筒座標（ $r_i, \phi_i$ ）を用いて構成し、  
 前記第4工程において、該アンテナの素子情報を前記1セクタ分の素子情報の鏡像を用いて生成する、ことを特徴とするアンテナ最適設計法。  
 【請求項4】 前記請求項2に記載のアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体であって、  
 前記第1工程において素子の位置情報を円筒座標（ $r_i, \phi_i$ ）を用いて構成し、  
 前記第4工程において、該アンテナの素子情報を前記1セクタ分の素子情報の鏡像を用いて生成する、ことを特徴とする、アンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体。  
 【請求項5】 前記請求項1または3に記載のアンテナ最適設計方法において、  
 前記第7工程において、該予め定められた数の染色体のうち、ランクの高いものから所定数個を選別し、該選別された所定数個の染色体を次世代に必ず残ように遺伝的操作を行う、ことを特徴とするアンテナ最適設計法。  
 【請求項6】 前記請求項2または4に記載のアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体であって、  
 前記第7工程において、該予め定められた数の染色体のうち、ランクの高いものから所定数個を選別し、該選別された所定数個の染色体を次世代に必ず残ように遺伝的操作を行う、ことを特徴とするアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体。  
 【請求項7】 請求項1に記載のアンテナ最適設計方法において、  
 前記対象関数は：  

$$O(x) = aG(x) - b | A - \text{Re}(Z(x)) | - c | \text{Im}(Z(x)) | - d | B$$

$-HBW | -eAL$ 、

である（ただし、 $G(x)$ は該アンテナの指向性利得、 $Z(x)$ は該アンテナのインピーダンス、 $HBW$ は該アンテナの水平面内放射指向性の半値幅を、 $AL$ はアレー長を、 $T(x)$ はビーム割れが発生しないように設けた補助関数を示し、 $l(x)$ は素子の重なりや素子長の短いものを削除した後の素子数、 $a, b, c, d, e, f$ 及び $g$ は、それぞれの項目の重要度を表す係数であって実数にかぎられない、 $A, B$ はそれぞれ所望のインピーダンス値および半値幅を示す）ことを特徴とする、アンテナ最適設計方法。

【請求項8】 前記請求項2に記載のアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムを格納した記録媒体であって、

前記対象関数は：

$$O(x) = aG(x) - b | A - \operatorname{Re}(Z(x)) | - c | \operatorname{Im}(Z(x)) | - d | B - HBW | - eAL$$

である（ただし、 $G(x)$ は該アンテナの指向性利得、 $Z(x)$ は該アンテナのインピーダンス、 $HBW$ は該アンテナの水平面内放射指向性の半値幅を、 $AL$ はアレー長を、 $T(x)$ はビーム割れが発生しないように設けた補助関数を示し、 $l(x)$ は素子の重なりや素子長の短いものを削除した後の素子数、 $a, b, c, d, e, f$ 及び $g$ は、それぞれの項目の重要度を表す係数であって実数にかぎられない、 $A, B$ はそれぞれ所望のインピーダンス値および半値幅を示す）ことを特徴とする、。

【請求項9】 前記請求項1、3、5、7のいずれか一つに記載されたアンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、セクタアンテナの小型化設計のために有効なアンテナ設計方法及び該方法を実施するためのプログラムを記憶した記憶媒体に関し、特に、高速無線LAN用セクタアンテナの小型化最適化、移動通信基地局用2周波あるいは3周波共用アンテナの小型化最適化を行う方法として有効なアンテナ設計方法及び該方法を実施するためのプログラムを記憶した記憶媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の、Genetic Algorithms（以下、「GA」という）を用いた八木・宇田アンテナの設計方法は例えば文献1：“Eric A.Jones, William T.Joines:”Design of Yagi-Uda Antennas Using Genetic Algorithms,”IEEE Trans.A・P Vol.45, No.9 Sept.1997”で報告されている。

【0003】 図17は、従来の方法を用いて設計された4素子八木・宇田アンテナの一構成例を示す構成図である。従来のGAによる八木・宇田アンテナの最適化の手法は、素子数をあらかじめ定め（本構成例の場合は素子

数＝4）、つぎに各素子の素子長（本構成例では $L_1, L_2, L_3, L_4$ ）と素子間隔（本構成例では $S_2, S_3, S_4$ ）を未知数として、これらの未知数を未知数列として配列して染色体を構成していた。

【0004】 本構成例における未知数によって構成される染色体の構成例を図18に示す。図18に示されるように、素子長（ $L_1, \dots, L_4$ ）、素子間隔（ $S_2, \dots, S_4$ ）をそれぞれ6ビットの二値データで構成し、素子長 $L_1, L_2, L_3, L_4$ をあらわす4つの6ビット二値データと素子間隔 $S_2, S_3, S_4$ をあらわす3つの6ビット二値データを交互に並べることで、該アンテナ構成例の染色体を形成する。

【0005】 この従来のGAを用いた八木・宇田アンテナの設計方法を示すフローチャートを図22に示す。はじめに、図18に示されるような、素子間隔と素子長で構成された未知数列（＝染色体）を、あらかじめ定めた個数だけ乱数を用いて生成し、生成されたこれら染色体を初期値とする（Step1）。

【0006】 次に、これら初期値として生成された染色体を用いて、モーメント法を使ってそれぞれの染色体のアンテナ特性をシミュレーションにより求める（Step2）。

【0007】 次に以下の式

$$O(x) = aG(x) - b | 50 - \operatorname{Re}(Z(x)) | - c | \operatorname{Im}(Z(x)) |$$

で与えられる対象関数 $O(x)$ を用いてそれぞれの染色体のランク付けを行う（Step3）。ここで、 $G(x)$ は指向性利得、 $Z(x)$ はインピーダンス、 $\operatorname{Re}(x)$ は $x$ の実部を、 $\operatorname{Im}(x)$ は $x$ の虚部を表わすものとし、また $a, b, c$ は、それぞれの項目の重要度を表す係数である。

【0008】 上記対象関数によって求めたそれぞれの染色体のランク付けに基づいて、該ランク付けされた染色体から新しい世代の染色体を作る遺伝的操作を行う（Step4）。

【0009】 最後に、上記新しい世代の染色体が収束条件を満たしているか否かを判断し（Step5）、収束条件を満たしていれば処理を終了し、満たしていなければ、該新しい世代の染色体について、前記Step2からStep5をおこない、収束条件が満たされるまで同様の処理が繰り返される。

【0010】 このような従来のGAによるアンテナ設計方法では、固定長の染色体を使用する場合は、素子数を固定せざるを得ない。したがって、従来のGAによるアンテナ設計方法では入力できるアンテナ構造のフレキシビリティに限界があった。また、回転対称性、線対称性を有する構造の最適化に対してなんら工夫がされていなかった。さらに、ビーム幅一定の最適化問題や小型化の最適化問題を解けないという欠点があった。

【0011】 このような従来の手法はさらに別の問題も有していた。すなわち、かかる従来の設計方法において

10

20

30

40

50

は、はじめに、素子数とアンテナの基本構成（たとえば、八木・宇田アンテナとするのか、コーナリフレクタアンテナとするのか）を決定しておく必要があり、最適化は決められた素子数および構造の範囲でのパラメータスタディとして行われるに過ぎない。特に、八木・宇田アンテナの場合、導波器や反射器に誘導される電流の位相と振幅がアンテナ特性に作用する（CG出版：アンテナ・ハンドブック、pp. 347-354）。これは、素子間隔や素子長などの構造で決定される値である。一方、八木・宇田アンテナはアレー長が長くなるにつれて利得が大きくなる傾向にある。このため、素子数と素子間隔の選択可能範囲を限定した条件下でアンテナの最適化を行うと、単に該アンテナのアレー長を長くした結果利得が高くなるという結果になり、導波器・反射器上の電流分布は必ずしも最適な結果になっていない、すなわち、振幅が最大、位相の複素成分が少ないという結果にならないという問題があった。

【0012】GAを用いたアンテナの設計方法の他の例を図19に示す。図19はCrookedwire genetic antennaと呼ばれるもので（Edward E. Altshuler, Derek S. Linden: "Wire-Antenna Designs Using Genetic Algorithms," IEEE A・P Magazine, Vol. 39, No. 2, April 1997. 参照）、 $0.5\lambda$ （ $\lambda$ : 波長）立方体で構成される設計空間中の任意の点を結んでできるワイヤで構成されるモノポールアンテナの最適化を行うものである。このアンテナ設計方法においては、選択し得るアンテナ構造にある程度自由度があり、パラメータスタディにとどまらず構造の最適化も計ることができる。しかし、ワイヤ数はあらかじめ決定しており、またセクタアンテナの最適化には適用し得ない。

【0013】次に、GAを用いない、従来のセクタアンテナの設計法について説明する。図20は、1.9GHz帯無線LAN用小型セクタアンテナとして提案されている、マルチセクタモノポール八木・宇田アンテナ（MS-MPYA）を示す図である。MS-MPYAは下記の【表1】に示すように、たくさんの設計パラメータがあり、従来は、「丸山、上原、鹿子嶋：信学論B-11, 『モノポール八木・宇田アンテナを用いた無線LAN用小型マルチセクタアンテナの解析と設計』、Vol. J80-B11, pp. 424-433, No. 5, 1997年5月」および「1996年電子情報通信学会総合大会：B-105丸山、上原、鹿子嶋：『有限地板上に設置された金属フィン付きセクター化モノポール八木アレーの解析』」などに示されるように、各セクタ毎のアレー長、円筒リフレクタの半径、素子長、リフレクタの高さ、金属フィンの長さについて、それぞれ別々にパラメータスタディを行い、最適化を計っていた。

【0014】

【表1】

10

20

30

40

50

表1 アンテナ構造パラメータと解析設計に用いた寸法（ $\lambda=15.37\text{mm}$ ）

$r$	地板の半径
$s$	円筒リフレクタの半径（ $0.98\lambda$ ）
$hr$	リフレクタの高さ
$lr$	金属フィンの長さ
$rt$	リフレクタの厚さ（ $0.13\lambda$ ）
$lg$	リフレクタから地板の端までの長さ
$la$	アレーの長さ
$d_0$	リフレクタと給電素子#1の間隔
$n$	一つのアレーを形成する素子の数 #1: 給電素子、#2..#n: 導波素子
$dp$	素子間隔
$ai$	ワイヤーの半径（ $0.00325\lambda$ ）
$hi$	素子#の高さ

【0015】また、MS-MPYAは上記『モノポール八木・宇田アンテナを用いた無線LAN用小型マルチセクタアンテナの解析と設計』に示されるように、セクタ配置を行い、隣接アレーを有効利用することによりビーム幅を小さくして利得を上げ特性を向上させているが、これを一般化した無給電素子の最適配置にまでは到っていなかった。また下記【表2】に示すように設計条件の種類が多い場合、一つ一つについて特性を調べ最適化を計っていた。このため、多大な労力と時間を必要としていた。

【0016】

【表2】

表2 設計条件

中心周波数	19.5GHz
比帯域	0.6%
セクター数	12
円錐面半値幅*	30°
垂直面チルト角	15° ~ 20°
F/B比	20dB以上
指向性利得	15dBi以上
アレー間結合	-30dB以下
リターンロス	-15dB以下

【0017】図21は従来の移動通信用基地局アンテナのための二周波共用アンテナの例である（鈴木、鹿子嶋

「任意ビーム幅2周波数帯共用コーナリフレクタアンテナ」、Vol. J75-B11, pp. 950-956, No. 12, 1992年12月参照）。従来の設計法においては、はじめにリフレクタの構造を決定する。たとえば、図21のようなコーナリフレクタや、丸山 珠美、鹿子嶋 憲一：「等ビーム2周波共用コーナリフレクタアンテナ」、NTTR&D, Vol. 42 No. 9 1993., pp. 1135-1146, 1993年9月に記載されているような円筒型のリフレクタなどとする。そののち、コー



ナリフレクタアンテナのコーナ角、コーナ長、などについてパラメータスタディを行って設計していた。

【0018】これも前述の従来例と同様に、限定された条件の中での最適化に多大な労力と時間を要していた。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】以上示したように、従来のGAを用いた最適化方法、また、セクタアンテナ設計法はともに、構造をはじめに限定してからパラメータスタディをしているに過ぎず、構造は設計者の決定にゆだねられていた。また、従来のGAを用いた八木・宇田アンテナの最適化方法では、素子数を可変にすることができず、無給電素子の配置にも自由度がなかった。さらに従来の手法では、セクタアンテナ小型化のための最適化の手段について、なんら工夫がされていなかったという欠点があった。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することを目的として、本発明は以下のように構成される。

【0021】本発明は、染色体（たとえば、染色体に擬せられ、遺伝的処理の対象となるデータ構造体）を用いてアンテナ構造を設計するためのアンテナ最適設計方法であって、位置及び素子長を含む少なくとも一つの素子情報からなる染色体を予め定めた個数だけ生成する第1工程（S1）と、該予め定めた個数の染色体のそれぞれに含まれる素子情報のうち、その素子長が所定値以下のものを削除し、かつその位置情報が重複している二以上の素子情報のうち、一つの素子情報を残して他を削除する第2工程（S2）と、該第2工程によって得られた染色体のそれぞれにもどづいて、1セクタ分の素子情報を構成する第3工程（S3）と、該第3工程によって得られた1セクタ分の素子情報のそれぞれに基づいてアンテナの素子情報を生成する第4工程（S4）と、該アンテナの素子情報のそれぞれに基づいて、アンテナ特性を計算する第5工程（S5）、該アンテナの素子情報のそれぞれを対象関数（ $O(x)$ ）にもとづいて評価することにより、前記予め定めた数の染色体それぞれにランク付けを行う第6工程（S6）と、該予め定められた染色体につけられたランクに基づいて、特性ごとに優れたものを優先的に保存しつつ遺伝的操作を行い、新たな世代の遺伝子群を生成する第7工程（S7）と、該新たな世代の遺伝子群が所定の収束条件を満たしているかを判定し、該所定の収束条件が満たされていなければ前記新たな世代の遺伝子群に基づいて前記第1工程から第7工程を繰り返す、第8工程（S8）と、を具備することを特徴とする。

【0022】本発明はまた、上記第1工程から第8工程を実施するためのプログラムを格納した記録媒体としても実施可能である。

【0023】本発明の実施の態様においては、前記第1

工程において素子の位置情報を円筒座標（ $r_i, \theta_i$ ）を用いて構成し、前記第4工程において、該アンテナの素子情報を前記1セクタ分の素子情報の鏡像を用いて生成する、ように構成しても良い。

【0024】本発明の別の実施の態様においては、前記第7工程において、該予め定められた数の染色体のうち、ランクの高いものから所定数個を選別し、該選別された所定数個の染色体を次世代に必ず残ように遺伝的操作を行うように構成しても良い。

【0025】本発明のさらに別の実施の態様においては、前記対象関数として

$$O(x) = aG(x) - b |A - \text{Re}(Z(x))| - c | \text{Im}(Z(x)) | - d | B - \text{HBW} | - eAL,$$

（ただし、 $G(x)$ は該アンテナの指向性利得、 $Z(x)$ は該アンテナのインピーダンス、 $\text{HBW}$ は該アンテナの水平面内放射指向性の半値幅を、 $AL$ はアレー長（ $AL = r_{\max}$ ）を、 $T(x)$ はビーム割れが発生しないように設けた補助関数を示し、 $l(x)$ は素子の重なりや素子長の短いものを削除した後の素子数、 $a, b, c, d, e, f$ 及び $g$ は、それぞれの項目の重要度を表す係数であって実数にかぎられない、 $A$ および $B$ は所望のインピーダンス値および半値幅）である対象関数を用いても良い。

【0026】

【実施例】添付の図面を参照しながら、本発明の実施例について詳細に説明する。

【0027】[第1の実施例] まず、本発明の第1の実施例を図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7及び図23を参照しながら説明する。

【0028】図1は、セクタアンテナ小型化のために、円筒座標を持ちいる場合のモデルを示している。図1において、記号「○」は給電素子#1の位置を示し、極座標の角度 $\phi = 0^\circ$ の軸上、原点からの任意の距離 $r$ の位置に配置される。記号「●」は、無給電素子#2から# $j$ を示している。

【0029】各素子は、パラメータ $h_i, r_i, \phi_i$ で定義される。ここで $h_i$ は $i$ 番目の素子の素子長、 $r_i$ は $i$ 番目の素子の原点からの距離、 $\phi_i$ は $i$ 番目の素子の極座標の角度を表す（ $i = \#1 \sim \#j$ ）。

【0030】また、セクタアンテナを表すGAアルゴリズムの未知数列である染色体（遺伝的処理の対象となるデータ構造体）を、図2に示すように構成する。すなわち該染色体は、素子長 $h_{\#1}$ と原点からの距離 $r_{\#1}$ で構成された給電素子部（給電素子#1に相当する）と、それぞれが素子長 $h_{\#j}$ と、原点からの距離 $r_{\#j}$ と、極座標の角度 $\phi_{\#j}$ とからなる（ $j-1$ ）個の組み合わせで構成される無給電素子部（無給電素子#2～# $j$ に相当する）とで構成される。

【0031】ここで、図1に示すようにアンテナをセクタ化し、複数のセクタに分割する。セクタの数は予め決

定しておく。セクタ数を $S$ とし、アンテナ特性の解析に用いる $\phi$ の最大値 $\phi_{\max}$ を $180/S^\circ$ とする。また、アンテナ素子の原点からの距離 $r_{\#i}$ については、予めその最大値 $r_{\max}$ 及び最小値 $r_{\min}$ を設定しておく。素子長 $h_{\#i}$ についても、その最大値 $h_{\max}$ を $0.4\lambda$  ( $\lambda$ :波長)、最小値 $h_{\min}$ を $0.07\lambda$ として制限を設ける。これによりアンテナの励振条件が決定される。

【0032】このように、アンテナの構造を極座標で表し、セクタ化し、その励振条件を決定して、その未知数列である染色体それぞれの各要素値 ( $h_{\#i}$ ,  $r_{\#i}$ ,  $\phi_{\#i}$ ) を乱数を用いて決定し、図1に示すような染色体を作成する。このようにして作成される染色体を予め定めた個体数だけ用意する(図23:ステップS1)。

【0033】なお、以下の説明においては説明の便宜上、セクタ数: $S=12$ 、アンテナ素子の原点からの距離の最小値: $r_{\min}=0[\lambda]$  ( $\lambda$ :波長)、同最大値: $r_{\max}=5[\lambda]$ 、染色体の個体数 $N$ を120個とする条件下で、アンテナの最適設計を行うものとして説明するが、本発明はかかる条件下に限定されるものではなく、所望のアンテナ特性等に応じてこれらの条件を任意に設定して実行することが可能である。

【0034】次に、図23のステップS2に移る。ここでは、前記ステップS1で準備した120個の染色体それぞれに対して、次に定義する条件に従い、その素子数を決定する。

【0035】まず、素子長 $h_{\#i}$ が $0.1\lambda$ 未満のものについてはその素子を削除するとともに、素子の一部が重なった場合は重なった素子を除去する。この除去の後に残った素子がその染色体の素子数となる。この素子除去処理を各染色体について行う。このようにして各染色体毎に素子数を決定するということは、各染色体に対応するアンテナにおいて、 $\phi=0^\circ$ を中心とした1セクタの半分の素子位置が定められたことになる。

【0036】このように染色体毎に乱数により未知数を設定して得られるアンテナ構造においては、無給電素子の素子長や取り得る座標位置に応じて、該無給電素子が導波器としても反射器としても動作する。したがって、上記ステップ2において得られた、染色体に対応するアンテナ構造は、コーナリフレクタアンテナのような反射板付きのアンテナと八木・宇田アレーアンテナのような\*

$$O(x)=aG(x)-b|50-\operatorname{Re}(Z(x))|-c|\operatorname{Im}(Z(x))|-d|30-HBW|-eAL+fT(x)-gI(x) \quad \dots\dots (8)$$

$$f(x)=O(x)-(O_{\text{avg}}-\alpha\sigma) \quad \dots\dots (9)$$

ここで(8)式の $G(x)$ は指向性利得を、 $Z(x)$ はインピーダンスを、 $HBW$ は水平面内放射指向性の半値幅を、 $AL$ はアレー長( $AL=r_{\max}$ )を、 $T(x)$ はビーム割れが発生しないように設けた補助関数を示し、 $I(x)$ は素子の重なりや素子長の短いものを削除した後の素子数を示している。また、 $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,

\*無給電素子(導波器)を有するアンテナの融合モデルとしてとらえることができる。

【0037】次に、図23のステップS3について説明する。このステップにおいては、前記ステップS2において定められた $\phi=0^\circ$ を中心とした1セクタの半分の素子位置等に基づいて、 $\phi=0^\circ$ を中心とした素子の鏡像を作成することで1セクタ他の半分の素子配置を決定し、この両者により1セクタ全体の素子位置を決定する。なお、鏡像を作成する際に、セクタの境界線上に素子の一部が重なる場合には、その素子の中心をセクタの境界線上に移動させる処理を行う。上記処理を120個の染色体すべてについて行うことにより、1セクタ分の素子配置が120個分作成されることになる。

【0038】次に、前記ステップS3で作成した1セクタの素子配置を元にして、残りのセクタ(11セクタ)の素子配置を極座標の原点を中心として $2\times\phi_{\max}$  ( $=360^\circ/S$ )毎に一次変換、あるいは回転移動させることによって、1つのセクタアンテナ全体の構造を設定することができる。該一次変換あるいは回転移動による処理を120個の染色体それぞれについて行うことによって、120個分のセクタアンテナ構造を作成する。これがステップS4である。ステップS4の処理が完了すると、素子数が可変で設定されたセクタアンテナ解析モデルが120個決定される。

【0039】次に、前記ステップS4で決定された120個のセクタアンテナ解析モデルのそれぞれについて、Improved Circuit Theory (I. C. T法)を用いてアンテナ特性の計算を行う(ステップS5)。I. C. T法の詳細については、例えば、文献「稲垣、関口: “線状アンテナを素子とするアレイの指向性利得を最大にする厳密な設計”、信学論(B), 53-B, No.11, pp687-692, 1970)や「N. Inagaki: “An improved circuit theory of a multi-element antenna.”, IEEE Trans. on AP, Vol. 17, No.2, p.120, March, 1969」に述べられている。

【0040】前記ステップS5により全モデルのアンテナ特性を計算した後で、以下の(8)式及び(9)式で定義される対象関数 $O(x)$ 並びに適応度関数 $f(x)$ を用いて、120個の全染色体のランク付けを行う(ステップS6)。

【0041】

$e$ ,  $f$  及び  $g$  は、それぞれの項目の重要度を表す係数である。

【0042】また、(9)式の $O_{\text{avg}}$ は $O(x)$ の平均値を示し、 $\sigma$ は $O(x)$ の標準偏差を示している。更に(9)式の $\alpha$ は、 $\sigma$ に対して重み付けを行う係数であって、 $1\leq\alpha\leq3$ の範囲の値を取る。

【0043】(8)式を見ると、利得が高いもの、インピーダンスが50Ωに近いもの、水平面内放射指向性の半値幅が30°となるもの、アレー長が短いものの優先順位を高くすることを目的とした関数であることが分かる。

【0044】今、アレーアンテナ特性の解析を行う場合の目標を、水平面内放射指向性の半値幅が30°を満たし、アレー長を最小とする条件を満足するものを得ることとする。上記(8)式の係数の選び方によっては、別の項目が優先されてしまう場合があるため係数の選択には注意が必要である。ここでは、説明の便宜上(8)式の係数aを200とし、b及びcを2、dを100、eを5、gを1として解析したものとして説明するが、本発明において、係数の選び方はこれに限定されるものではなく、各係数の値は任意に設定することが可能である。

【0045】次に、ステップS7について説明する。前記ステップS6においてランク付けされた120個の染色体の中から、アンテナ特性の優れたものを優先的に保存しつつ、次に示す遺伝的操作を実施する。

【0046】ここで、この遺伝的操作を実施するに当たり、ルーレット保存法とエリート保存法の2種類の方法がある。これらの方法の詳細については、参考文献「D. E. Goldberg, "Genetic algorithms in search, optimization and machine learning", Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1989.」に書かれている。以下にその概要を説明する。

【0047】まず、ルーレット保存法について説明する。

【0048】ランク付けされた染色体の中からランクの高いものが選ばれる確率が高くなるように構成されたルーレットを用意する。このルーレットを回すと一つの染色体が選択される。かかるルーレットによる染色体の選択を120回繰り返すことにより、新たに120個の染色体を選び出す操作を行う。該選択操作においては、ランクの高い染色体がより多く選ばれる可能性が高く、またランクの高い染色体は複数回選ばれる可能性もある。一方、ランクの低い染色体は該ルーレットにより選択される可能性が低く、そのため徐々に消滅していくことになる。その結果ランクの高い染色体が優先して選択される。

【0049】こうして選択された複数の染色体の中から、予め設定した交配率で交配(染色体の半分の要素を互いに交換すること)の親を選ぶ。交配率は任意に設定可能であるが、例えば交配率を0.5とした場合、該ルーレットにより選択された120個の染色体から60個の染色体が選出される。この親を選ぶ方法には、120個の染色体からランダムに選んだり、最初に選択された60個の染色体としたり、いろいろとその選択方法が考えられるが、いずれの方法を採用しても良い。

【0050】このようにして交配の親となる60個の染色体を選んだら、次にこれらの親を2個ずつ対にして、各々の染色体を半分に分けて対同士で交配させる。

【0051】更にこうして得られた120個の染色体の中から予め定める確率で突然変異の染色体を作成する。この突然変異は選択された染色体の要素の一部を適当に変更することで実施する。

【0052】以上の遺伝的操作処理によって新たな世代の染色体グループを生成する。

【0053】これが、ステップS7における新しい世代の染色体を作る遺伝的操作である。

【0054】上記の通り、ステップS7においては、アンテナ特性の優秀なものほど選択されて残される確率が高くなるように染色体に優先的ランク付けを行っているため、新たな世代の染色体の中に特性の優れたものが残る確率が高くなる。

【0055】次に、エリート保存法について説明する。

【0056】前述の通り、前記ステップS6の処理により、120個の全染色体のそれぞれにランク付けを行い、このランク付けされた120個の染色体の中から、先ず、ランクの高い順に、予め定めた個数の染色体を選んでこれをそのまま変化させずに保存する染色体として選択する。例えば上位20個の染色体を選択するものとする。遺伝的操作を行うための交配の親となる染色体を120個用意するために選択すべき残りの個数は120-20=100個となる。ここで、前述のルーレット保存法において使用されたルーレットと同様の、ランク付けされた120個の染色体の中からランクの高いものが選ばれる確率が高くなるようなルーレットを用意して、これを100回繰り返して回し、新たに100個の染色体を選び出す操作を行う。

【0057】次に、この100個の中から予め設定した交配率で交配(染色体の半分の要素を互いに交換すること)の親を選ぶ。例えば交配率を0.5とすれば50個の染色体を選ぶことになる。この親を選ぶ場合には、ランダムに選んだり、最初に選択された50個の染色体としたり、いろいろとその選択方法が考えられるが、いずれの方法によって選出しても良い。

【0058】このようにして交配の親となる50個の染色体を選んだら、次にこれらの親となる染色体を2個ずつ対にして、各々の染色体を半分に分けて対同士で交配させる。

【0059】更にこうして得られた100個の染色体の中から予め定める確率で突然変異の染色体を作成する。この突然変異は選択された染色体の要素の一部を適当に変更することで実施する。

【0060】このようにして、最初に優先的に確実に残す染色体として選んだ20個の染色体と、その後選んで遺伝的操作を加えた100個の染色体を合わせて、120個の新たな染色体が新世代の染色体グループとして誕

生する。これがエリート保存法を用いた場合の新しい世代の染色体の形成例である。

【0061】この他にも、前述の遺伝的操作の中で、より良い結果が得られるように、更に条件を設定したりする事も考えられるが、本発明の本質ではないため、それらの詳細については前述した参考文献を参照されたい。

【0062】上記操作が図23のステップS7で行われる。

【0063】次に、ステップS8でその染色体グループの収束度を判定して、予め設定した収束度を満足すれば、ステップS9に移って操作を終了する。一方、収束度を満足していなければステップS2に戻って、前述の操作を繰り返す。収束度の判定には、前記 $O_{avg}$ が収束状態にあるかどうかチェックしたり、前記 $\sigma$ が小さくなる(0に近づく)ことで判断したりすることができる。

【0064】また、収束状態にあるかどうかを判定する基準として、アンテナ特性が所望の値に収束しているかを種々のパラメータに対して判断する判定条件を加えることにより、さらに良い特性のアレーアンテナを設計することが可能となる。

【0065】以下に、ルーレット保存法を用いた場合の本実施例に係るアンテナ最適設計方法の実施結果を示す。なお、この実施例においては上記ルーレット保存法の設定パラメータとして、交配率を0.5とし、突然変異率を0.001とし、また前述の(8)式の係数 $a$ を200、 $b$ 及び $c$ を2、 $d$ を100、 $e$ を5、 $g$ を1とし、本実施例にかかるアンテナ最適設計方法に従って第1世代から第90世代の染色体を形成して解析している。

【0066】図3は世代毎の対象関数 $O(x)$ の平均値を示したグラフであり、世代を重ねる毎に対象関数の平均値が収束していく様子が分かる。

【0067】図4は世代毎の水平面内放射指向性の半値幅の値を示しており、所望の設計値である $30^\circ$ に収束\*

$$O(x) = aG(x) - b |50 - \text{Re}(Z(x))| - c | \text{Im}(Z(x)) | - d | 30 - \text{HBW} | - eAL \\ + kSL + hBL \cdots (10)$$

なお、ステップS6において使用する適応度関数 $f(x)$ については第一の実施例と同様の前記(9)式を用いる。

【0075】本発明の第二の実施例にかかるアンテナ最適設計方法を実行して、最適化されたアンテナ構造を得た。該最適化されたアンテナ構造における無給電素子の配置例を図8に、その水平面内放射指向性を図9に示す。図9からわかるように(10)式で追加したサイドローブとバックローブの低減項により、サイドローブとバックローブが低減されていることがわかる。

【0076】ここで、本実施例では、サイドローブは $45^\circ < \phi < 150^\circ$ の範囲で $-10\text{ dB}$ 以下となることを目標とした。かかる目標を達成するために、サイドロ

\* していることが分かる。

【0068】図5は入力インピーダンスの世代毎の平均値がどのように収束するかを示しており、リアクタンス成分 $X$ は所望の値0[Ω]に近いところで収束しているが、レジスタンス成分 $R$ は100[Ω]近辺と所望の50[Ω]からはやや離れたところで収束している。これは、(8)式において係数 $b$ の値が他よりも低いためにこのレジスタンス成分の項目の重要度が下がり、本要素が軽視されたためと考えられる。

10 【0069】また、図23に示す本発明のアルゴリズムにより得られた無給電素子の配置と各素子の素子長の関係を図6に示す。この図6で示されたアンテナ構造は、従来の八木・宇田アンテナ、コーナリフレクタアンテナをセクタ配置してパラメータスタディを行う手法では導くことのできない形状である。このアンテナ構造の水平面内放射指向性を図7に示す。図7からわかるように、メインビームの方向にずれもなく、また、水平面内放射指向性の半値幅 $30^\circ$ を実現する結果が得られている。

20 【0070】このように、本発明の方法を用いることで、Genetic Algorithmsの適用により、従来の方法では困難であったアンテナ構造までを含むセクタアンテナの小型化に対するアンテナ設計が容易となる。

【0071】[第二の実施例] 次に、本発明の第二の実施例について説明する。

【0072】かかる第二の実施例は、Step6において使用する対象関数が異なる点を除き、前記第一の実施例と同じである。

【0073】第二の実施例における対象関数は前記

(8)式に、サイドローブを低減する項 $+kSL$ ( $k$ は係数、 $SL$ はサイドローブレベル)とバックローブを低減する項 $+hBL$ ( $h$ は係数、 $BL$ はバックローブ)を追加し、ビーム割れが発生しないように設けた関数 $f_T(x)$ と素子数に制約を与える項 $-gL(x)$ を削除して得られる以下の(10)式である。

【0074】

ープレベルが $-10\text{ dB}$ 以下を満たすとき評価値を高くし(この実施例では $kSL = 1000$ 、0に設定した)、 $-10\text{ dB}$ 以下を満たさないときには評価値を下げる(この実施例では $kSL = -100$ 、0に設定した)ように規定した。また、バックローブは $150^\circ < \phi < 180^\circ$ の範囲でそのレベルが $-15\text{ dB}$ 以下となることを目標とし、バックローブレベルが $-15\text{ dB}$ 以下を満たす場合に評価値を高くし、それ以外の場合には評価値を低くするように規定した。このように、本発明においては対象関数 $O(x)$ の中に離散関数が含まれていても良い。かかる手法は、連続的な関数では表現できない問題を解く場合において他の手法に比べて有利である。

50 【0077】なお、本実施例では、対象関数 $O(x)$ に素

子数に関する項 $l(x)$ を設けなかったために、各セクタ毎の素子数は22とやや多くなっている。

【0078】【第三の実施例】本発明の第一および第二の実施例においては各素子の位置を円筒座標系を用いて規定したが、円筒座標系の代わりに直交座標系を用いて各素子の位置を規定する場合にも本発明は実施可能である。かかる直交座標系を用いた場合を第三の実施例として、以下に説明する。

【0079】直交座標を用いた本実施例においては、図23に示した本発明のフローに対し、ステップS1における染色体の定義が以下に述べるように異なり、かつ、セクタ化の概念を除去した点（ステップS3、S4の処理が変わる）でそのアンテナの素子配置を設定する処理が変わるが、アルゴリズムとしては、前述の第1、及び第2の実施例と同様である。

【0080】まず、本実施例において用いられる染色体の構成について説明する。図10は直交座標を用いた場合のアンテナ構成例である。該アンテナには、原点（座標(0,0)）に固定された素子長 $H_{\#1}$ を有する給電素子#1と、それぞれの座標 $(x, y)$ および素子長 $H$ を未知数とする無給電反射器#2から# $m$ と、それぞれの座標 $(x, y)$ および素子長 $H$ を未知数とする無給電導波器# $m+1$ から# $n$ とが設けられる。ここで $m$ は2以上の自然数、 $n$ は3以上の自然数である。なお、図10に示すアンテナ構成例においては、無給電反射器は#2のみ( $m=2$ )、無給電導波器は#3から#6( $n=6$ )である。

【0081】図10において記号「○」は給電素子#1の位置を示しており、原点に配置する。#2～# $m$ は給電素子の背面、あるいは側面などに配置される無給電素子で構成される反射器である。反射器は素子間隔が0.1 $\lambda$ 以下のとき反射板と同一視できる(Kraus J.D: Antennas Second Edition, p.556, McGRAW-HILL, 1988.)。記号●は無給電素子で構成される導波器# $m+1$ ～# $n$ である。

【0082】上記のような給電素子#1、無給電反射器#2から# $m$ 、および無給電導波器# $m+1$ から# $n$ より構成されるアンテナに対応する染色体を、図11に示す。該染色体は、給電素子部と、反射器部と、導波器部とから構成される。給電素子部はその給電素子の素子長 $H_{\#1}$ を格納している。反射器部は、無給電反射器#2から# $m$ のそれぞれの $x$ 座標値、 $y$ 座標値、素子長( $RX_i, RY_i, H_i$ )を格納している( $i$ は#2から# $m$ )。また、導波器部は無給電導波器# $m+1$ から# $n$ のそれぞれの $x$ 座標値、 $y$ 座標値、素子長( $DX_i, DY_i, H_i$ )を格納している( $i$ は# $m+1$ から# $n$ )。なお、上記例においては反射器と導波器部をそれぞれ独立に設けているが、反射器と導波器それぞれの最大値、最小値、ビット数などに与えられる条件を分ける\*

$$0(x) = aG(x) - b | 50 - \text{Re}(Z(x)) | - c | \text{Im}(Z(x)) | - d | 30 - \text{HBW} | - eAL + fT(x)$$

\* 必要がない場合はこのように分離せず種類の無給電素子部として統合しても良い。

【0083】上記染色体において、各素子の特性は( $RX_i, RY_i, H_i$ )あるいは( $DX_i, DY_i, H_i$ )によって決定する。各未知数 $RX_i, RY_i, DX_i, DY_i, H_i$ の範囲をそれぞれ以下のように定め、励振条件を決定する。

【0084】

$RX_i$ : 最小値 $RX_{\min} = 0$ ; 最大値 $RX_{\max} = -0.25$ ,

$RY_i$ : 最小値 $RY_{\min} = 0$ ; 最大値 $RY_{\max} = 1.0$ ,

$DX_i$ : 最小値 $DX_{\min} = 0$ ; 最大値 $DX_{\max} = 5.0$ ,

$DY_i$ : 最小値 $DY_{\min} = 0$ ; 最大値 $DY_{\max} = 1.0$ ,

$H_i$ : 最小値 $H_{\min} = 0$ ; 最大値 $H_{\max} = 0.35$ ,

以上のように、アンテナの構造を直交座標で表し、その励振条件を決定して、未知数列である染色体それぞれの各要素値( $RX_i, RY_i, H_i$ )および( $DX_i, DY_i, H_i$ )を乱数を用いて決定し、染色体を作成する。このようにして作成される染色体を予め定めた個体数だけ用意する(ステップS1)。

【0085】つぎに、各染色体における素子数の決定を行う(ステップS2)。それぞれの染色体において、異なる素子に含まれる要素値が同一である場合、すなわち素子の構造の一部が重なっている場合、あるいは素子長 $H_i$ があらかじめ定められた値よりも小さい場合、その染色体からその素子を除去する。

【0086】このようにして得られた素子群を、水平面内放射指向性が正面方向に対して対象となるよう、 $X$ 軸に対して鏡像を作成する。この際 $X$ 軸上にある素子は削除される。この処理を前記予め定められた個体数の染色体それぞれについておこない、素子数が可変で設定されたアンテナ解析モデルが予め定められた個体数だけ決定される(ステップS3')。

【0087】つぎに、前記アンテナ解析モデルの全てについて、Improved Circuit Theory(I. C. T法)を用いてアンテナ特性の計算を行い(ステップS5)、該アンテナ特性の計算に基づいて、対象関数 $O(x)$ 並びに適応度関数 $f(x)$ を用いて、全染色体のランク付けを行い、(ステップS6)、該ランク付けされた染色体の中から、アンテナ特性の優れたものを優先的に保存しつつ、遺伝的操作を実施して新しい世代の染色体を作り(ステップS7)、最後に該新しい世代の染色体の収束度を判定して、予め設定した収束度を満足すれば、処理を終了し、該収束度を満足していなければ前述の処理(ステップS2からステップS7)を繰り返す。

【0088】次にこの直交座標による染色体を用いたときの具体的実施結果を示す。

【0089】この実施においては対象関数 $O(x)$ として以下の(11)式を用いた。

【0090】

… (11)

上記 (11) を用いた第三の実施例を実施した結果として得られた無給電素子の配置を図 12 に示す。これは、「与えられた空間内に、無給電素子をばらまいて得られる構造のうち、水平面内放射指向性のビーム幅が  $30^\circ$ 、インピーダンスが  $50[\Omega]$  に近い値がとれるものでアレー長を小さくできる配置は何か」という問題を、直交座標 I C T による計算と G A で解いた結果である。該得られた無給電素子の配置を有するアンテナ構造に対する水平面内放射指向性を図 13 に示す。この図からわかるように、該アンテナ構造においてはビーム幅  $30^\circ$  を満たしている。

【0091】以上示したように、本発明の第三の実施例のような直交座標 G A - I C T も所望特性を得るための素子の配置を考えるための有効な手段となる。ただし、セクタ化したとき小型となる配置を考える際には、直交座標の場合、Y 座標の範囲の設定が困難になるため、本発明の第 1 の実施例である、円筒座標を用いる方が望ましい。また、図 13 は、サイドローブ、バックローブが  $-10\text{ dB}$  ほど発生していることを示しているが、これ\*20

$$O(x)=aG(x)-b|50-\text{Re}(Z(x))|-c|\text{Im}(Z(x))|\cdots(12)$$

この実施例におけるアンテナの最適化は、「大きさの決められた空間内に、素子数の最大値だけを決めて無給電素子をばらまいたときに、どのような素子長、素子配置にすれば高い利得が得られるアンテナとして動作するか」という問題を解くことに他ならない。本実施例の最適化法を用いて計算した結果を図 15、図 16 に示す。図 15 は、該最適化方法を実施した結果得られたアンテナ構造における無給電素子の配置例である。該無給電素子の配置を有するアンテナの水平面内放射指向性は、図 16 に示すとおりである。図 16 よりわかるように、最適化されたアンテナにおいては半値幅  $22^\circ$ 、利得  $12\text{ dB}$  が得られた。アレー長  $5\lambda$  にしては利得がやや低いのは、給電素子より後ろには何も素子をおかない構造になっているためである。

【0096】本発明の第一及び第二の実施例の特徴は、図 22 で示した従来の設計法を示すと比較した場合、

(1) 座標系を用いて染色体を一般化し、従来の素子間隔を素子長といった特定の構造に限らない点、(2) 円筒座標を採用している点、(3) セクタ間相互結合を考慮し、鏡像と一次変換を駆使して計算量を減らしている点、(4) 対象関数にセクタアンテナ小型化を目的とした、一定値に近いビーム幅とアンテナサイズが小さいものを優先する項を採用している点にある。

【0097】本発明の第三及び第四の実施例の特徴は、図 22 で示した従来の設計法を示すと比較した場合、

(1) 座標系を用いて染色体を一般化し、従来の素子間隔を素子長といった特定の構造に限らない点、(2) 鏡像を駆使して計算量を減らしている点、を採用している点にある。

\* は対象関数  $O(x)$  にこれらを低減するための規定 (前記第二の実施例における  $kSL$ ,  $hBL$ ) を入れていないからである。

【0092】[第四の実施例] 次に本発明の第四の実施例を示す。本実施例は、反射器と導波器を分離せず単に無給電素子として統合している点を除いて前記第三の実施例と同一である。

【0093】本実施例の染色体の構成を図 14 に示す。該染色体は給電素子部と、無給電素子部で構成されている。給電素子部はその給電素子の素子長  $H_{\#1}$  を格納しており、無給電素子部は無給電素子 #2 から #n のそれぞれの x 座標値、y 座標値、素子長 ( $DX_i$ ,  $DY_i$ ,  $H_i$ ) を格納している ( $i$  は #2 から #n)。

【0094】該第四の実施例にかかるアンテナ最適化設計方法を実行した結果を以下に示す。ここで、 $DX_i$ ,  $DY_i$ ,  $H_i$  に与えられる条件は前述の第 3 の実施例と同様とし、対象関数  $O(x)$  として (11) 式の代わりに以下の (12) 式を用いた。

【0095】

【0098】尚、本発明で給電素子を複数にしても、あるいは、全ての素子が無給電素子から給電素子に変更しても、必要に応じて、染色体に位相と振幅の未知数の項を素子数分追加することで、本明細書に示したのと同様の効果が得られるのはいうまでもない。

【0099】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、セクタアンテナ、特に、無給電素子のアレーを用いる八木・宇田アンテナや、反射板を無給電素子の列で近似できるコーナリフレクタタイプのアンテナの素子の配置を、所望特性を満たすように、自由度の高いところで最適化することが可能となる。特に、本発明によれば染色体の構造は固定長のまま素子数を未知数にすることが可能である。本発明を用いて、任意のセクタアンテナの小型化問題、等ビーム多周波共用問題の最適化を行うことが可能であり、無線 LAN 用のアンテナの小型化最適化、移動通信基地局用等ビーム多周波共用アンテナの小型化最適化に有効な手段である。

【0100】また本発明によれば、セクタ間に生じる相互結合の影響を含めた解析を容易に実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】円筒座標を用いたアンテナ素子は位置の構成図である。

【図 2】円筒座標を用いた場合の染色体の構成例を示す図である。

【図 3】対象関数の世代毎の収束の様子を示す図である。

【図 4】ビーム幅の世代毎の収束の様子を示す図である

【図 5】入力インピーダンスの世代毎の収束の様子を示す



す図である。

【図6】本発明の実施の結果得られたアンテナ構造における無給電素子の配置を示す図である。

【図7】本発明の実施の結果得られたアンテナ構造における水平面内放射指向性を示す図である。

【図8】最適化されたアンテナ構造における無給電素子の配置を示す図である。

【図9】最適化されたアンテナ構造における水平面内放射指向性を示す図である。

【図10】直交座標を用いたアンテナ構成例を示す図である。

【図11】直交座標のときの染色体の構成例を示す図である。

【図12】第三の実施例を実施した結果として得られた無給電素子の配置を示す図である。

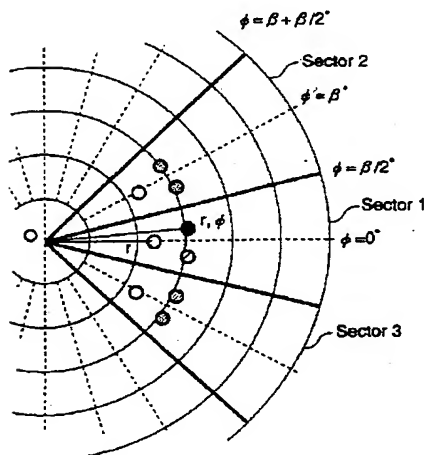
【図13】第三の実施例を実施した結果として得られたアンテナ構造の水平面内放射指向性を示す図である。

【図14】第四の実施例における直交座標のときの染色体の構成例を示す図である。

【図15】第四の実施例における最適化方法を実施した結果得られたアンテナ構造における無給電素子の配置を示す図である。

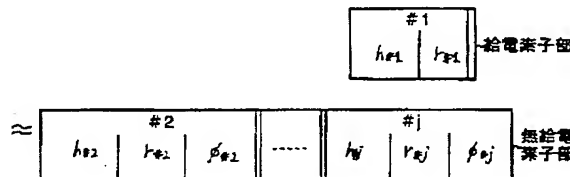
【図16】第四の実施例における最適化方法を実施した\*

【図1】

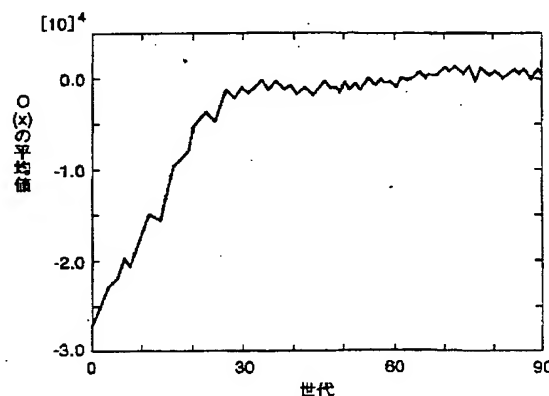


- : #1  
 $\phi=0$ とし $r$ と素子長を未知数とする給電素子
- : #2~#j  
座標 $(r, \phi)$ , 素子長 $h$ を未知数とする無給電素子  
反射器or導波器として動作
- ⊙ : ●の鏡像
- ⊗ : Sector 1からの一次変換

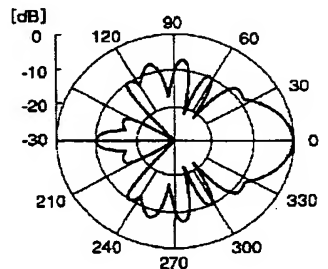
【図2】



【図3】



【図7】



\* 結果得られたアンテナ構造における水平面内放射指向性

【図17】従来の4素子八木・宇田アンテナの構造を示す図である。

【図18】従来の4素子八木・宇田アンテナの染色体の構成を示す図である。

【図19】従来のCrooked-Wire genetic antennaを示す図である。

【図20】従来のマルチセクタモノポール八木・宇田アンテナの構造を示す図である。

【図21】従来の移動通信基地局のための等ビーム2周波共用アンテナを示す図である。

【図22】従来の従来のGAを用いた八木・宇田アンテナの設計方法を示すフローチャートである。

【図23】本発明の第1の実施例に係るアンテナ最適設計方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

$h_i$  : 素子長

$(x_i, y, z_i)$  : 素子の直交座標、

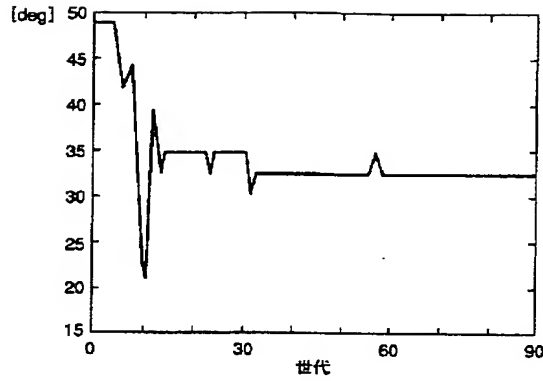
$(r_i, \theta_i)$  : 素子の円筒座標

$\phi_i$  : 位相

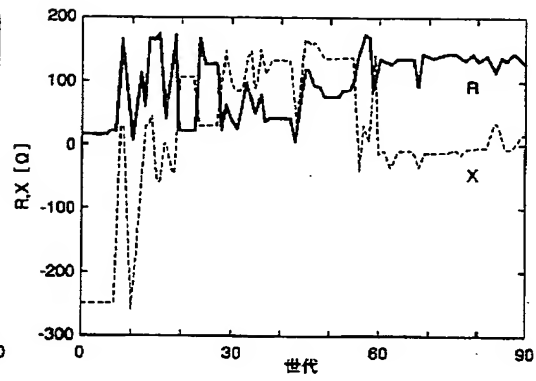
$O(x)$  : 対象関数

$S$  : セクタ数

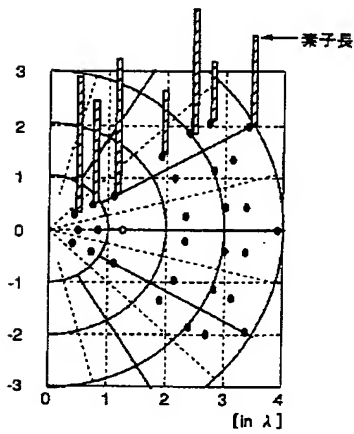
【図4】



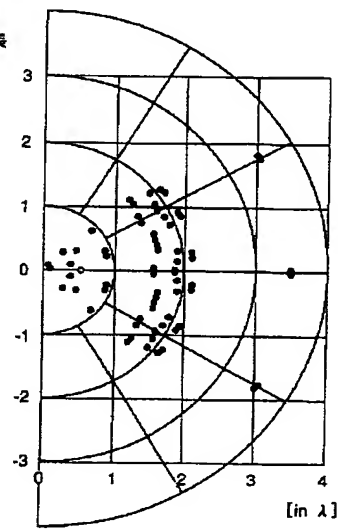
【図5】



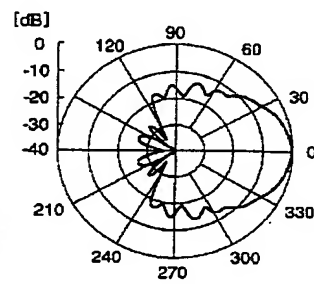
【図6】



【図8】

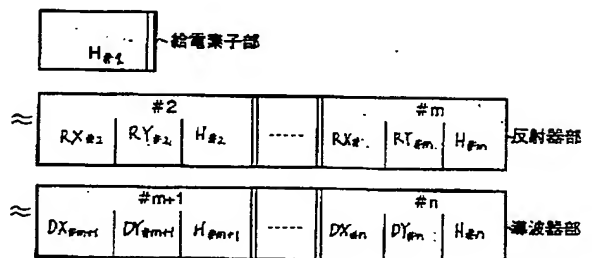
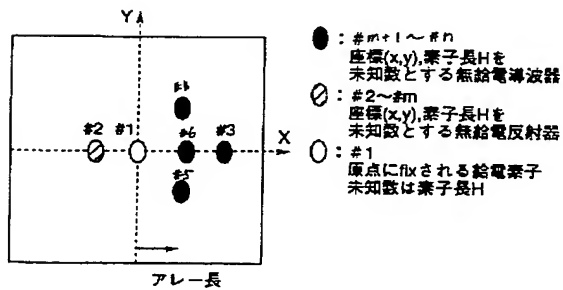


【図9】



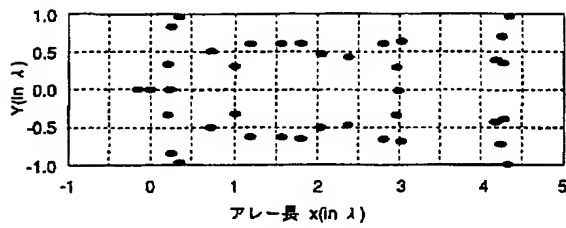
【図11】

【図10】

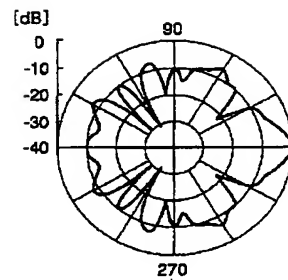




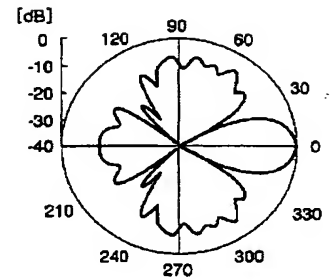
【図12】



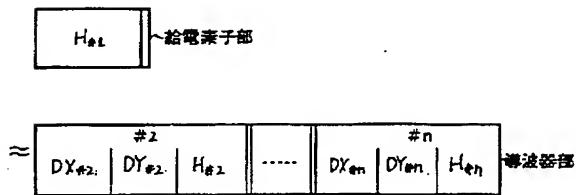
【図13】



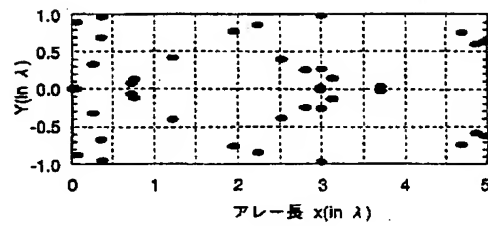
【図16】



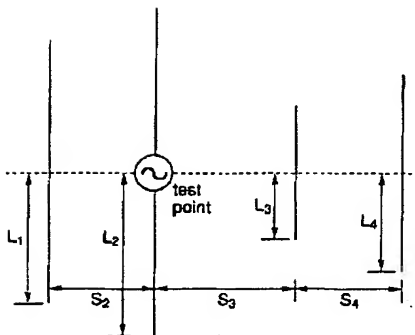
【図14】



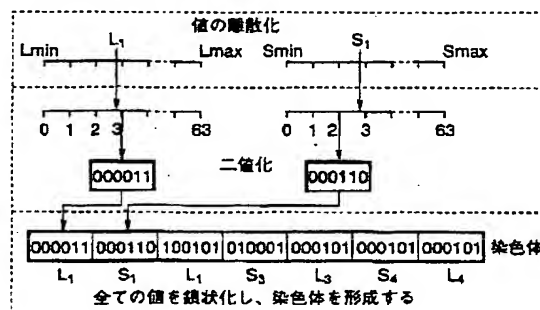
【図15】



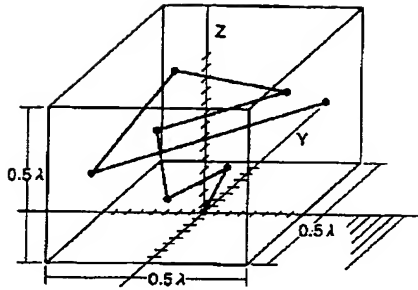
【図17】



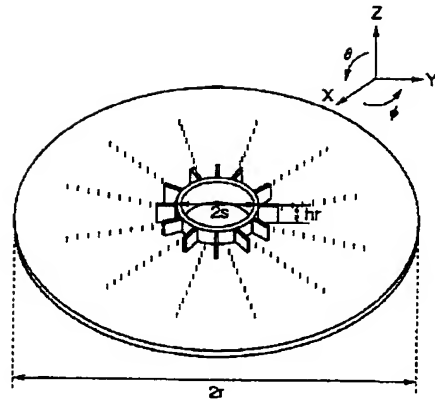
【図18】



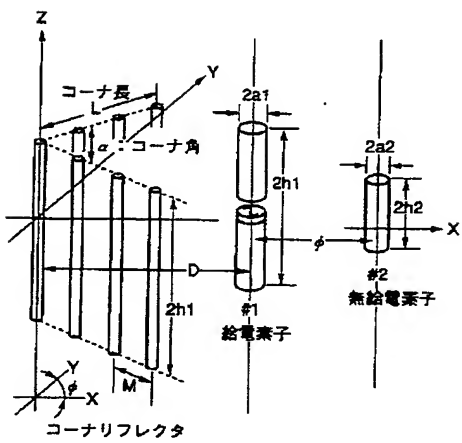
【図19】



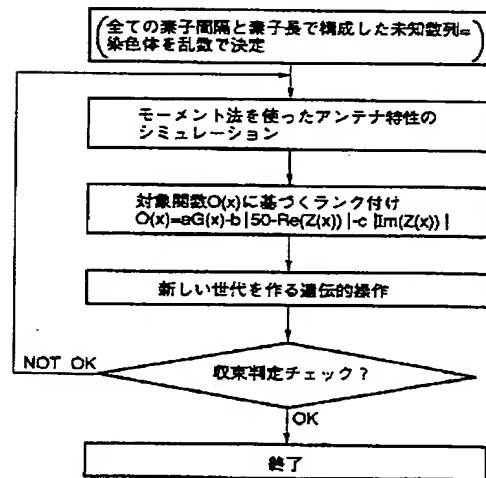
【図20】



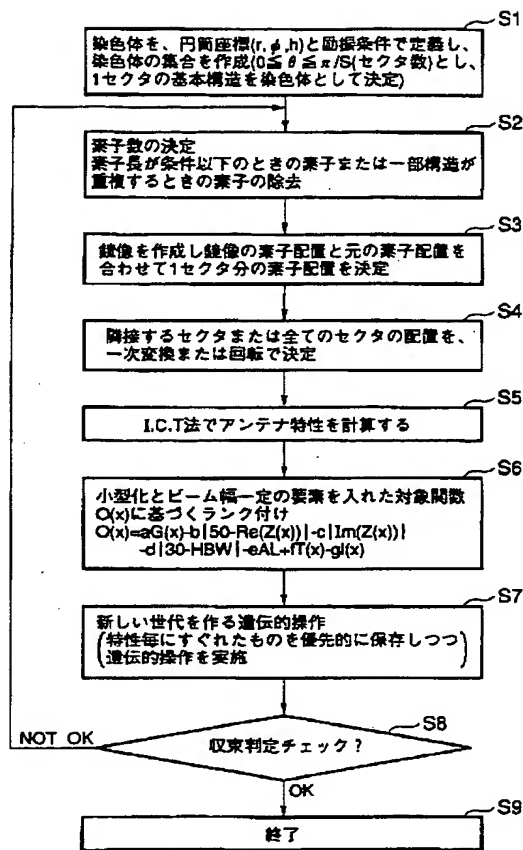
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 安藤 篤也  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 堀 俊和  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5J020 AA03 BA02 BA06 BA17 BC04  
BC08 DA03  
5J021 AA05 AA06 CA06 FA20 FA29  
FA30 GA02 GA03 GA08 HA05  
HA10 JA10

This Page Blank (uspto)